

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA ELECTRÓNICA e INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMBOTELLADO DE GALONES
DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA SANTA ISABEL**

**AUTORES:
VERÓNICA TERESA CANDO INGUILÁN
CRISTHIAN WLADIMIR GUERRA ROMERO**

**TUTORA:
CARMEN JOHANNA CELI SÁNCHEZ**

Quito, febrero del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Verónica Teresa Cando Inguilán con documento de identificación N° 172306992-6 y Cristhian Wladimir Guerra Romero con documento de identificación N° 171792902-8, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado/titulación intitulado: “AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE EMBOTELLADO DE GALONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA SANTA ISABEL”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Electrónica e Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, febrero de 2019

Verónica Teresa Cando Inguilán

CI: 172306992-6

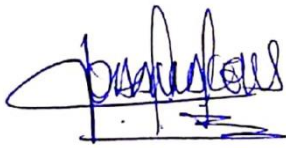
Cristhian Wladimir Guerra Romero

CI: 171792902-8

CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el PROYECTO TÉCNICO, AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE EMBOTELLADO DE GALONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA SANTA ISABEL realizado por Verónica Teresa Cando Inguilán y Cristhian Wladimir Guerra Romero, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser consideradas como trabajo final de titulación.

Quito, febrero de 2019



Carmen Johanna Celi Sanchez

CI: 1717437808

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por permitirme cumplir una más de mis metas propuestas, por guiarme en cada decisión que he tomado.

A mis padres Teresa y Oswaldo quienes han estado conmigo al pie del cañón luchando por cumplir mis metas, dándome ánimos para no caer y continuar y ser el orgullo de ellos. A mis hermanas Yessenia y Cristina por darme ejemplos de superación y constancia en la vida, a mi cuñado Wilmer por darme su apoyo constante y respaldo en cada decisión.

A mis sobrinas Karen, Mel y Valentina quienes quiero que vean en mí que toda meta propuesta se cumple, a pesar de que existen caídas la perseverancia es la fuente para conseguirlas, y finalmente a mi novio Israel quien ha estado a mi lado durante la ejecución de este proyecto brindándome todo su apoyo y ayuda, siempre confiando en mí y alentándome para lograrlo.

Verónica Teresa Cando Inguilán

Dedico este proyecto a mi familia, a quienes les tengo una profunda admiración, gratitud, respeto y amor. Igualmente, a las personas fundamentales que formaron parte del proceso para culminar esta meta, gente que me llevo en el alma, con los mejores recuerdos y sobre todo con las sonrisas que son fundamentales para que cada día valga la pena. por quienes me esfuerzo cada día que son a quienes me debo.

Cristhian Wladimir Guerra Romero

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios, por permitirnos culminar esta etapa de crecimiento profesional, al igual que a la Universidad Politécnica Salesiana por formarnos con principios, valores, y ganas de superación para obtener un mundo mejor. Agradecemos también a nuestras familias porque hemos formado parte de hogares cálidos, cuyos valores nos dan un gran ejemplo y una expectativa de ser mejores, tanto como ellos lo son.

Cristhian Wladimir Guerra Romero

Verónica Teresa Cando Inguilan

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Beneficiarios del proyecto	3
1.5 Alcance	3
CAPÍTULO 2.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Producción de agua purificada.....	4
2.2 Procesos de purificación de agua	5
2.3 Dispositivos de control.....	7
2.4 PLC	8
2.5 Interfaz hombre máquina (HMI).....	9
2.6 Pantalla táctil HMI, Delta DOP – B03E211	9
2.7 Estado del arte.....	10
2.8 Aplicaciones.....	12
CAPÍTULO 3.....	14
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	14
3.1 Requerimientos del sistema	14
3.2 Identificación de variables del sistema	14
3.3 Caracterización del proceso	14
3.4 Sistema de limpieza	16
3.5 Sistema de llenado	21
3.6 Sistema de tapado	23

3.7 Distribución del armario eléctrico y electrónico	25
3.8 Programación de PLC	27
3.9 Pantallas implementadas en la HMI.....	40
CAPÍTULO 4.....	49
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	49
4.1 Control manual.....	49
4.2 Control semiautomático	50
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Proceso de purificación agua en botellón	5
Figura 2.2 Proceso de ósmosis inversa	6
Figura 2.3 Dimensiones de tamaño de la pantalla HMI.....	9
Figura 2.4 Proceso de lavado manual	10
Figura 2.5 Área de enjuague manual	11
Figura 2.6 Proceso de llenado manual	11
Figura 2.7 Diseño de lavado por chorro.....	12
Figura 2.8 Diseño de funcionamiento del proceso de llenado	13
Figura 2.9 Diseño mecánico y neumático.....	13
Figura 3.1 Diagrama de instrumentación de la empresa	15
Figura 3.2 Diseño eléctrico de conexión al PLC	16
Figura 3.3 Conexión en paralelo con electroválvula para el proceso semiautomático	17
Figura 3.4 Diagrama de control para el proceso de lavado	17
Figura 3.5 Conexión en paralelo con electroválvula para el proceso semiautomático	18
Figura 3.6 Diseño de estructura hermética.....	19
Figura 3.7 Diseño implementado en la mesa	19
Figura 3.8 Estructura hermética para el enjuague de botellones.....	20
Figura 3.9 Semáforo indicador de tablero de proceso de lavado y enjuague.....	20
Figura 3.10 Proceso de llenado semiautomático.....	21
Figura 3.11 Cambio de llaves por válvulas.....	22
Figura 3.12 Diseño neumático	23
Figura 3.13 Tapado semiautomático.....	24
Figura 3.14 Diagrama de bloques del tapado del botellón.....	25
Figura 3.15 Tablero eléctrico y electrónico principal 1.....	25
Figura 3.16 Tablero de control secundario 1	26
Figura 3.17 Tablero de control secundario 2	26
Figura 3.18 Main con los bloques de función.....	27
Figura 3.19 Diagrama de flujo del proceso de enjabonado de botellones	28
Figura 3.20 Activación para funcionamiento de electroválvula	29
Figura 3.21 Modificación de tiempo para el operador.....	29
Figura 3.22 Diagrama de flujo del proceso de enjuague de botellones	30
Figura 3.23 Activación para funcionamiento de electroválvula	31
Figura 3.24 Modificación de tiempo para el operador	32
Figura 3.25 Diagrama de flujo del proceso de llenado de botellones	33
Figura 3.26 Activación para funcionamiento de electroválvula	34
Figura 3.27 Contador de botellones llenos.....	35

Figura 3.28 Tiempo de llenado	36
Figura 3.29 Valor editable para llenado	37
Figura 3.30 Pausas de llenado.....	38
Figura 3.31 Diagrama de flujo del proceso de tapado de botellones	39
Figura 3.32 Activación para funcionamiento de electroválvula	40
Figura 3.33 Pantalla Principal	41
Figura 3.34 Menú de opciones.....	41
Figura 3.35 Pantalla para el enjabonado	42
Figura 3.36 Pantalla para modificación de tiempo.....	43
Figura 3.37 Pantalla para el enjuague	44
Figura 3.38 Pantalla para modificación de tiempo.....	44
Figura 3.39 Pantalla para el llenado.....	45
Figura 3.40 Pantalla para modificación de tiempo.....	46
Figura 3.41 Pantalla del sellado	47
Figura 3.42 Pantalla para reinicio de conteo.....	48
Figura 4.1 Gráfico de producción semanal de botellones	49
Figura 4.2 Gráfico de producción semanal de botellones	50
Figura 4.3 Gráfico comparativo de producción	51
Figura 4.4 Cálculos de VAN y TIR	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Registro de funciones botones	41
Tabla 3.2 Registro de funciones botones	42
Tabla 3.3 Registro de funciones botones	43
Tabla 3.4 Registro de funciones botones	45
Tabla 3.5 Registro de funciones botones	46
Tabla 3.6 Registro de funciones botones	47
Tabla 4.1 Registro de producción diaria y semanal de botellones	49
Tabla 4.2 Registro de producción diaria y semanal de botellones	50
Tabla 4.3 Registro de eficiencia mes de agosto	52
Tabla 4.4 Registro de eficiencia mes de diciembre.....	52
Tabla 4.5 Tabla de gastos.....	53

RESUMEN

En la Ciudad de Quito existen varias plantas purificadoras de agua. Las cuales poseen el sistema básico de filtros para la comercialización de agua embotellada. Sin embargo, casi todas las plantas poseen un sistema de limpieza, llenado y sellado de botellones de agua netamente manual. Un sistema de control semiautomático permite un incremento en la producción de la empresa y por lo tanto su crecimiento. La Purificadora de agua Santa Isabel se encuentra ubicada en el sector de Calderón posee un mercado tanto industrial como habitacional. El proceso que manejaba era manual, y se convirtió en semiautomático para disminuir el tiempo de producción de los botellones y así abastecer su mercado. En el trabajo se explica la solución al problema del embotellado en la empresa, mediante un control semiautomático, el cual reduce los tiempos muertos dentro de su fase de limpieza y llenado del botellón, permitiendo una mejora en productividad. Para el funcionamiento del mismo se utiliza un PLC (controlador lógico programable) en el que lleva el programa para las actividades de desinfección, enjuague, llenado y sellado en la planta hermética adaptada para trabajar semiautomáticamente, también se utiliza una pantalla HMI (interfaz hombre máquina) que posee el menú para que el operador pueda determinar el proceso a ser ejecutado, también existe un tablero de control con botones para mayor facilidad al operador. Facilitando así un control de su producción de botellones, así como de la cantidad de botellones a trabajar por lote de producción.

ABSTRACT

There are several water treatment plants in Quito. Which possess the basic system of filters of bottled water. However, almost all plants have a system of cleaning, filling and sealing of purely manual water bottles. A semi-automatic control system enables an increase in the production of the company and therefore their growth. The Purificadora de agua Santa Isabel is located in the sector of Carcelén has both industrial and residential market. The process that was purely manual, and became in semi-automatic mode to reduce the time of production of the bottles and thus supply its market. The work explains the solution to the problema of filling in the company throught a semi-automatic control, which reduces the downtime in its pase of cleaning and fillingo of the bottle, allowing an improvement in productivity. A PLC (programmable logic controller) is used for the operation of program for the activities of disinfection, rising, filling and sealing in airtight plant adapted to semi-automatically work, also used a screen HMI (human machine interface) it has the menú so the operator can determine the process to be executed, there is also a control panel with buttons for ease to the operator. Thus facilitating control of production of bottles, as well as the amount of bottles to work for production lot.

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo el desarrollo del sistema semiautomático de embotellado de botellones de agua de la planta Purificadora de agua Santa Isabel, para el cual, el escrito se divide en los siguientes capítulos.

En el capítulo uno se detalla el problema a resolver, así como su justificación y objetivos que se desea alcanzar.

En el capítulo dos está la fundamentación teórica, mostrando las bases de las plantas purificadoras de agua, así como el proceso del mismo pasando por los diversos filtros y el fin de cada uno de ellos mediante un diagrama sobre la planta con sus elementos. Además de detallar sobre equipos que ayudan a sistemas automatizados los cuales brindan la capacidad de ser usados para el proceso de embotellamiento de agua teniendo su base teórica.

En el capítulo tres se realiza el diseño y la implementación tanto de hardware como software del proceso de desinfección, enjuague, llenado y sellado de los botellones, enfocándose en las entradas y salidas utilizadas, además de la implementación electrónica y neumática utilizada para controlar mediante el PLC.

En el capítulo cuatro se muestra un análisis de resultados comparando el proceso manual contra el proceso semiautomático en la producción que llega alcanzar en el mismo tiempo.

Finalmente, se puede ver las conclusiones reafirmando la culminación del trabajo, así como recomendaciones para un correcto funcionamiento de la planta en su objetividad.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

La Empresa Purificadora de agua Santa Isabel, lleva más de nueve años en el negocio de la purificación y distribución de agua en la Ciudad de Quito, donde posee clientela industrial y habitacional, con el paso de los años y la importancia del consumo de agua embotellada para el ser humano ha llevado a incorporar mejoras en el sistema de producción. Entre los diversos campos de mejora se puede mencionar la adecuada infraestructura actual para la conservación de los tanques de almacenamiento, así como para las diversas estaciones en las cuales se efectúa el proceso de purificación, tiene incorporado un control para verificar no solo su purificación, sino que sea totalmente consumible mediante el proceso de ósmosis inversa, donde separa la parte consumible para el ser humano de la parte usable en otras actividades como en los procesos de lavado y enjuague.

Actualmente, dentro del proceso existen algunos tiempos muertos, como en la espera en la limpieza del botellón, al momento de usar los desinfectantes para pasar al enjuague que se realiza en otro espacio de la planta, durante el proceso de llenado pues las válvulas son manuales, resultando una producción que no es completamente objetiva, debido a la existencia de muchas pausas por parte del empleado, actualmente existe una producción de entre 150 a 180 botellones de agua en un lapso de 5 horas, el cual involucra todo el proceso completo, desde el almacenaje de agua para purificar, así como la limpieza, el llenado y sellado de los botellones.

Se cuenta con 3 personas encargadas del proceso de producción y la distribución se las realiza en 2 jornadas donde se procede a llevar la cantidad de botellones necesarios para repartir. Sin embargo, no se ha utilizado todos los recursos necesarios para el crecimiento de la empresa, pues el hecho de trabajar de forma manual requiere tiempo y esfuerzo físico para el personal, que con el paso del tiempo reduce su productividad.

1.2 Justificación

La planta ha tenido un crecimiento en los dos últimos años, en donde desea incrementar la producción diaria para el 2018; actualmente en cinco horas obtiene 120 botellones, se desea obtener 200 botellones en el mismo tiempo, disminuyendo los tiempos muertos existentes en sus procesos.

La misma cuenta con condiciones infraestructurales aptas para un proceso automatizado, cumpliendo con las exigencias de operatividad y funcionalidad, se cuenta con diversas áreas para: el almacenamiento de los tanques de agua, el proceso de filtrado de arena, de carbón y suavizador, la limpieza de los botellones, el llenado de los mismos, y finalmente el almacenamiento de botellones de agua donde se realiza el tapado y sellado mediante una pistola de calor.

La empresa busca en la automatización del proceso, tener un control de todo el sistema, tanto en calidad como en producción, permitiendo de esta manera, mejorar la gestión, en cuanto al rendimiento y productividad del empleado y la disminución de costos de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema semiautomático que permita controlar el lavado, llenado y sellado de botellones de agua purificada.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar el proceso actual de funcionamiento de la planta y realizar la caracterización para identificar y definir las variables que intervienen dentro del mismo y seleccionar el hardware a implementar.
- Diseñar un sistema semiautomático con la instrumentación necesaria para reemplazar el proceso netamente manual de embotellamiento de agua.
- Implementar el hardware y software para que cumpla con el diseño para la limpieza, llenado y sellado de botellones de agua.
- Realizar pruebas del sistema automatizado para contrastar con el manual y determinar índices de productividad en tiempo, calidad de producto, eficiencia y eficacia.

1.4 Beneficiarios del proyecto

La Empresa Purificadora de agua Santa Isabel y los consumidores se beneficiarán del presente proyecto técnico ya que tendrá un crecimiento en su producción y los consumidores tendrán la satisfacción de un producto de alta calidad para su consumo.

1.5 Alcance

La implementación de los procesos semiautomáticos tiene como alcance principal usar los tiempos muertos existentes para el aumento de la producción en cinco horas, o en otro caso producir la misma cantidad de botellones en menos tiempo. La automatización no es al 100% debido a que se necesita de una persona que se encuentre verificando los procesos implementados, es decir que se tendrá un 75 % de automatización y el 25 % faltante será el trabajo realizado por el operador, el proyecto no va automatizar el pre lavado que se realiza de forma manual. Se usará solo una electroválvula en cada etapa del lavado tanto para el paso de líquido desinfectante como en el enjuague, manteniendo las consideraciones que durante la producción siempre se trabaja usando las 4 aperturas para lavar cuatro botellones. En el proceso de llenado se usarán tres electroválvulas considerando que se llenaran tres botellones constantemente, ya que antes constaban con cuatro llaves de paso manual de las cuales solo estaban habilitadas dos. De esta manera conseguir los objetivos propuestos por parte de la empresa de tener un abastecimiento de agua en gran cantidad para sus distribuidores, además de conseguir recuperar el capital invertido.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Producción de agua purificada

Debido al incremento de la contaminación, el agua potable se ha visto afectada, entre otros recursos necesarios para el ser humano, las impurezas que presenta este líquido vital sin mencionar las grandes cantidades de cloro que se usa para regularizar el suministro, da como consecuencia que no se apta para el consumo humano, como consecuencia la población busca otras alternativas como el consumo de agua purificada. (Lídice Álvarez Miño, 2014)

El consumo de agua en botellón da la seguridad a la población de estar ingiriendo un producto de mejor calidad y con un riesgo menor de daño a la salud, por lo que este mercado ha crecido en los últimos 30 años. Su origen proviene en los Estados Unidos y Europa, la alternativa de purificación de agua al pasar de los años ha generado conformidad y aceptación en la población. La función principal de la planta es tratar el agua potable proveniente de la red de suministro, la que pasa por un proceso de filtración como es el filtro de arena, filtro de carbón, filtro suavizador y un sistema de osmosis inversa, generando agua apta para el consumo humano y de excelente calidad. (Córdor Torres, 2013)

2.1.1 Cifras de crecimiento

En el 2006 se tiene un aproximando de ventas de 10.980 millones de dólares aumentando la producción de litros que rodea los 25.800 millones.

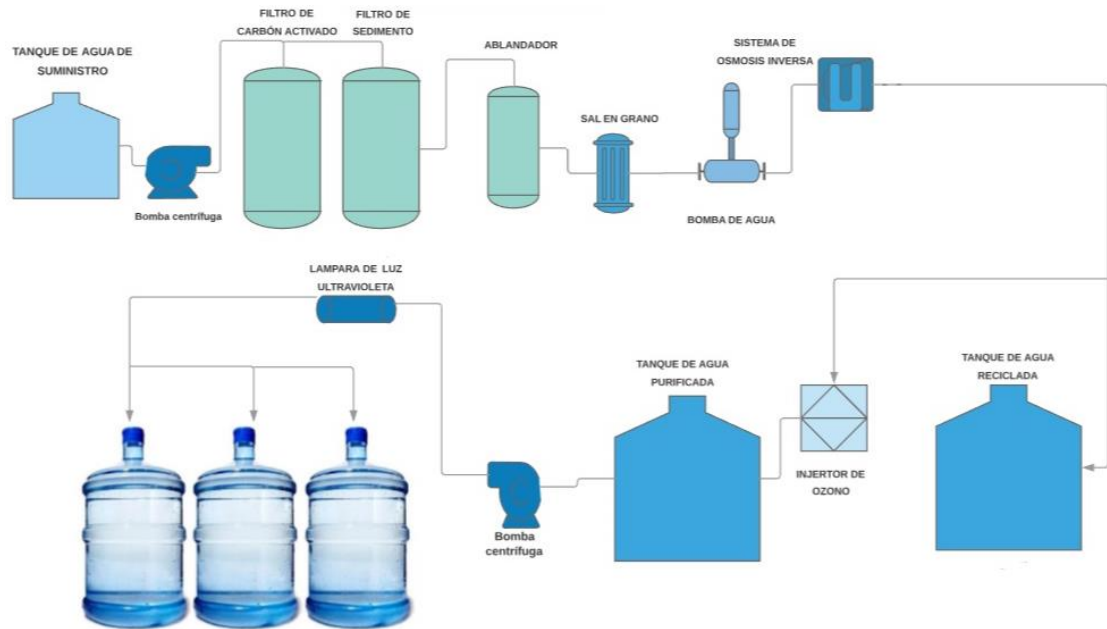
En el 2012 se tiene un aumentando la producción de litros que rodea 288.000 millones, en el 2017 se tiene un aumentando la producción de litros que rodea 391.000 millones.

Lo que muestra que el purificar agua está siendo en los últimos años un negocio rentable, además de generar competencia con grandes empresas que ya tiene el mercado abierto tanto nacional como internacional, podemos mencionar algunas como Coca – Cola, Tesalia, entre otras, las cuales deben buscar la satisfacción del cliente para mantener sus ventas. (Simbaña Guallichico Edisón Paul, 2012)

2.2 Procesos de purificación de agua

Para realizar la purificación del agua se debe pasar por distintos procesos de filtración que se detallaran a continuación y se muestran en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Proceso de purificación agua en botellón



Proceso de purificación de agua Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

2.2.1 Filtración

Es una purificación física de los componentes del agua para limpiar sólidos que pueden ser perjudiciales para la salud como se muestra en la Figura 2.1, la filtración más común es por membrana, que filtra la materia orgánica disuelta en el líquido, este es uno de los procesos más usados en las industrias farmacéuticas, pero al pasar del tiempo se está aplicando en el tratamiento de agua para consumo humano. Los filtros de membrana eliminan partículas más grandes que el poro nominal de un filtro común, su funcionamiento consiste en que el agua pasa a través de filtros compuestos por fibras reforzadas que elimina la mayor parte de impurezas más grandes. (Robert-Bosch-Straße 1, 2013)

2.2.2 Ósmosis Inversa

Es uno de los métodos más económicos y trata de eliminar en un 99% las impurezas y contaminantes que se encuentran en el agua, la purificación de agua por este método consiste en ejercer una presión externa en uno de los lados de la membrana con mayor

concentración para revertir el flujo osmótico natural, dando lugar a que las impurezas se depositen en la membrana, esta impide el paso de bacterias, pirógenos y sólidos orgánicos. La ósmosis inversa utiliza presiones que pueden oscilar entre 15 a 50 bares como se muestra en la Figura 2.2, además que su membrana está hecha de poros menores a 0,002 μ m. Ósmosis se llama a la fuerza que hace que el agua pura fluya desde una solución diluida a otra concentrada, hasta igualar ambas soluciones dentro en ambos lados de la membrana. (Robert-Bosch-Straße 1, 2013)

Figura 2.2 Proceso de ósmosis inversa



Ósmosis Inversa. Autor: (Robert-Bosch-Straße 1, 2013)

2.2.3 Llenado Con Llaves Electro Neumáticas

Consiste en un control *on/off* de una boquilla a través de un controlador que permita tener abierta la boquilla durante un tiempo específico dependiendo del recipiente a llenar, además que se debe tener en cuenta que para un llenado eficaz se necesita saber el tiempo de llenado, presión y el caudal del líquido. (Sani Centeno Alicia del Rocio, 2015)

2.2.4 Tapado Neumático A Presión

Consta de un cilindro doble efecto encargado de generar una presión de forma lineal necesaria para ajustar la tapa en el envase, implementado con electroválvulas que controlan el flujo de aire de salida y entrada, posee un sistema de detección es decir cuando ya se encuentra el producto tapado este sistema deja de ejercer presión de manera automática.

2.3 Dispositivos de control

2.3.1 Presostato

Su principal función es la apertura o cierre de contactos en un circuito eléctrico mediante un cambio de presión al establecido, es un instrumento mecánico que se puede regular mediante un tornillo controlando el equipo de aire comprimido para que este entre en modo de carga y descarga. (Carlos idict, 2018)

2.3.2 Sensores nivel

Es un dispositivo electrónico que se encarga de medir la altura a la cual se encuentra cualquier tipo de material sea este sólido o líquido que se encuentre en un recipiente, existen de dos tipos, los sensores de nivel de punto llamados también alarmas son usados en líquidos, determinan cuando el líquido sobre pasa o está bajo los parámetros determinados, los sensores de nivel continuos, miden el nivel dentro de un rango especificado, tienen salida analógica y se pueden visualizar en un osciloscopio (Córdor Torres, 2013).

2.3.3 Cilindro doble efecto

El cilindro de doble efecto tiene como característica principal que su recorrido del vástago tanto en la salida como en la entrada dependa del aire comprimido, tiene mayores campos de uso en la industria ya que brinda mejores características que el cilindro de simple efecto. (Sani Centeno Alicia del Rocio, 2015)

Para determinar la fuerza de avance en el cilindro de doble efecto se necesita resolver las siguientes ecuaciones:

La fuerza efectiva de avance es:

$$F_e = F_t - F_r \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

F_e = Fuerza efectiva de avance

F_t = Fuerza teórica

F_r = Fuerza de fricción

La fuerza teórica es:

$$F_t = P_{aire} \left(\frac{\pi}{4} \right) D^2 \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde:

F_t = Fuerza teórica

D = Diámetro del cilindro

P_{aire} = Presión del aire

La fuerza de fricción es:

$$F_r = 10\% F_t \quad \text{Ec. (2.3)}$$

2.3.4 Electroválvulas

Es un dispositivo electromecánico, su función principal es controlar el paso de fluido que circula por un conducto mediante señales eléctricas emitidas a la bobina senoidal la cual se apertura o cierra dependiendo lo que necesite el usuario. (Simbaña Guallichico Edisón Paul, 2012)

2.4 PLC

Es un equipo lógico programable, el cual almacena información, además de realizar comparaciones mediante el uso de temporizadores, contadores y entre otros, como también el envío y recepción de información con diversos actuadores conectados a sus entradas y salidas analógicas o digitales. Su creación es para sustentar tareas en el ámbito industrial. Los PLC's son creados para ser manipulados por personas con conocimientos en lenguajes de programación. (Ramírez Despaine, 2011)

2.4.1 PLC S7-1200

Es un controlador lógico programable con características amplias para poder ser usado en diferentes procesos de automatización. Este PLC marca Siemens es de calidad alemana y de gran acogida a nivel mundial por su robustez y diferentes características para ser implementado en automatizaciones. Contiene ocho entradas digitales y seis salidas digitales, dos entradas analógicas, adicional se amplió con dos módulos de expansión de señales SM 1222 RLY que consta de ocho salidas tipo relé cada uno, son

usados para la transmisión de señales en los diferentes procesos semiautomáticos detallados en el capítulo 3. (SIEMENS, 2018)

2.5 Interfaz hombre máquina (HMI)

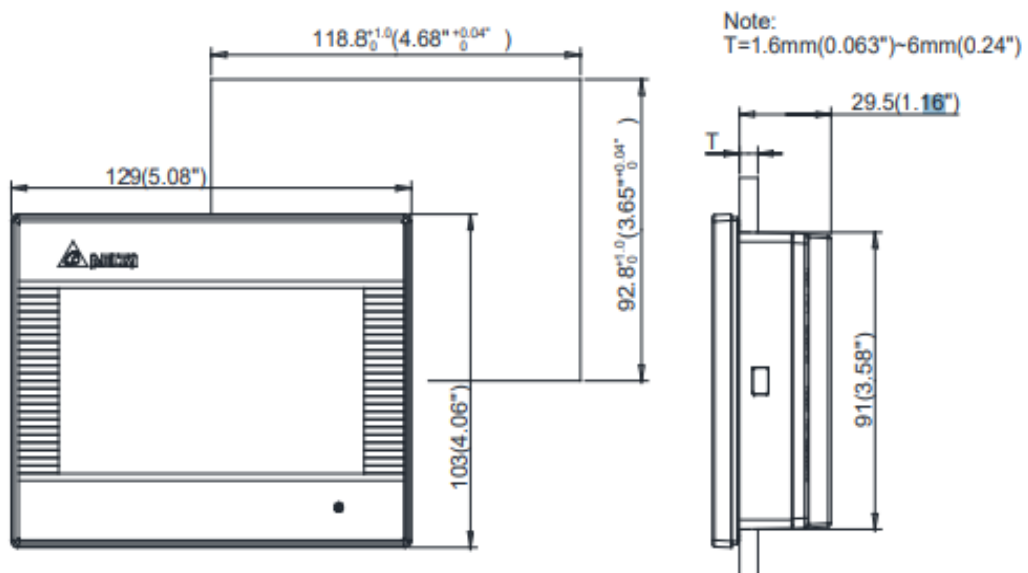
El HMI es una relación que enlaza al operario con la interfaz permitiéndole de esta forma obtener información, modificar y administrar datos según los requerimientos que este necesite, durante los avances tecnológicos estos equipos se vieron obligados a tener cambios de manera que puedan tener variedad de tamaños, mejor visualización y brindar mayores alternativas competitivas en el mercado. (Penin, 2007)

2.6 Pantalla táctil HMI, Delta DOP – B03E211

Es una pantalla de alta calidad ya que contiene más de 65,536 colores, estas son adaptables hasta con 100 modelos de PLC y se pueden interactuar con más de 300 marcas. Mas especificaciones se encuentran en el Anexo 1.

Debido a sus especificaciones en el tamaño como muestra la Figura 2.3 estas pantallas están siendo utilizadas en la industria con gran aceptación. (DELTA, 2014)

Figura 2.3 Dimensiones de tamaño de la pantalla HMI



Dimensiones de la pantalla. Autor: (DELTA, 2014)

2.7 Estado del arte

El estado anterior de la planta consistía en lo siguiente: el operario en el control manual recoge los botellones del almacenamiento y se dirige a realizar el lavado interno con jabón de manera manual tratando de sacar los residuos grandes que contenga en la parte interna y externa del botellón después este pasa al proceso de lavado interno que es el encargado del paso de líquido desinfectante, el cual elimina residuos sobrantes de jabón en el interior del botellón, este no contiene propiedades químicas que puedan afectar a la salud del consumidor, el funcionamiento manual consta de 4 llaves de paso manuales, las que al abrir enciende una bomba que permite el paso del líquido desinfectante con una duración de 2 a 3 minutos como se muestra en la Figura 2.4, transcurrido el tiempo se cierra las llaves y mueve los botellones hacia el lado del enjuague.

Figura 2.4 Proceso de lavado manual



Mesa de lavado antes de la automatización. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

El proceso de enjuague consiste en el paso de agua purificada considerada no apta para el consumo humano, que es desechada en la etapa de ósmosis inversa, se realiza el mismo proceso de apertura de llaves y se espera entre uno a dos minutos girando manualmente los cuatro botellones eliminando todo tipo de impurezas y residuos del líquido desinfectante. Este proceso se realiza hasta terminar con todos los botellones anteriormente lavados con jabón como se muestra en la Figura 2.5.

Figura 2.5 Área de enjuague manual



Área de enjuague antes de la automatización. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Después se dirigen todos los botellones que pasaron por los dos procesos al área de llenado que está conformada de cuatro llaves de paso manuales, de las cuales dos están en funcionamiento y dos están completamente deshabilitadas como se muestra en la Figura 2.6 en donde se procede a llenar botellones en cantidades de dos, realizando la apertura de forma manual de las llaves durante el tiempo 17 segundos cada una por separado teniendo una pausa antes de finalizar para regular el caudal y que este no se desborde y complete los 20 litros.

Figura 2.6 Proceso de llenado manual



Área de llenado antes de la automatización. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

2.8 Aplicaciones

2.8.1 Aplicación 1

En el 2015 en la ciudad de Quito se realizó el proyecto de diseño y construcción de un sistema semiautomático de lavado de botellones de agua para la empresa Logichem Solutions S.A., satisfaciendo las necesidades de la misma en la automatización de la parte de lavado con el sistema de chorro durante 1 minuto con 45 segundos consiguiendo 1000 botellones semanales, en la Figura 2.7 se observa la implantación del diseño. (Alberto, 2015)

Figura 2.7 Diseño de lavado por chorro

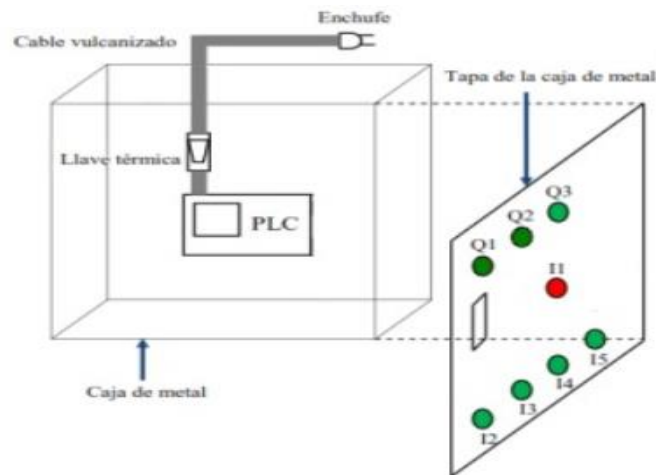


Desarrollo de automatización para lavado por chorro.

2.8.2 Aplicación 2

En el 2014 en la ciudad de Iquitos – Perú se desarrolló el diseño , instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP, este consta de solenoides que funcionan de manera secuencial deshabilitadas, es decir al terminar de llenar uno de los botellones empieza el llenado del siguiente, obteniendo dos unidades listas para sellar, en la Figura 2.8 se observa la implantación del diseño y etiquetar. (Lopez Valderrama Solangell, 2014)

Figura 2.8 Diseño de funcionamiento del proceso de llenado

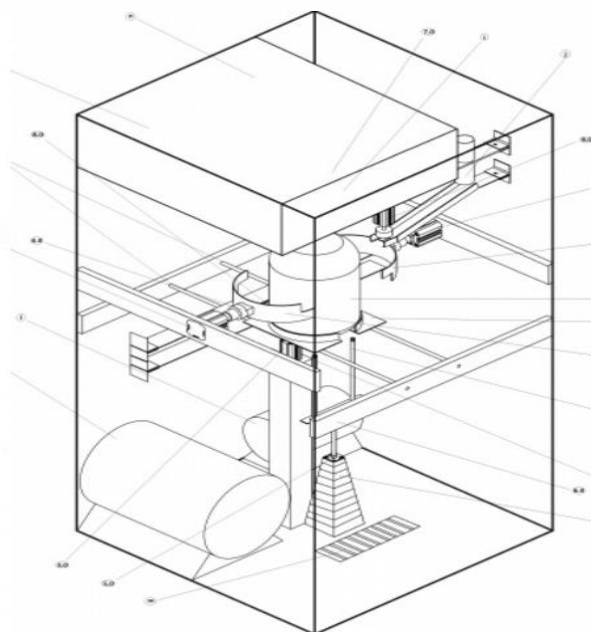


Diseño del funcionamiento de botellones de 20 litros.

2.8.3 Aplicación 3

En el 2013 en la ciudad de Azcapotzalco – México se realizó el sistema mecánico y neumático para el lavado, llenado y sellado de garrafones de agua de 20 litros, el cual es netamente mecánico manejado por pulsadores reduciendo fallas humanas, no cuenta con un unidad programable, esta máquina realizara todo los procesos de lavado, llenado y sellado dentro de la misma sin necesidad de movimiento de los botellones. (Ramses, 2013)

Figura 2.9 Diseño mecánico y neumático



Diseño mecánica y neumático de lavado, sellado y llenado

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el siguiente capítulo se detalla el diseño de hardware y software adaptados en los procesos antes mencionados.

3.1 Requerimientos del sistema

Se busca reducir los tiempos muertos en los diferentes procesos que debe pasar un botellón para llegar al consumidor, por lo que la automatización es la opción principal para llevar un control de tiempos y mayor cantidad de producción.

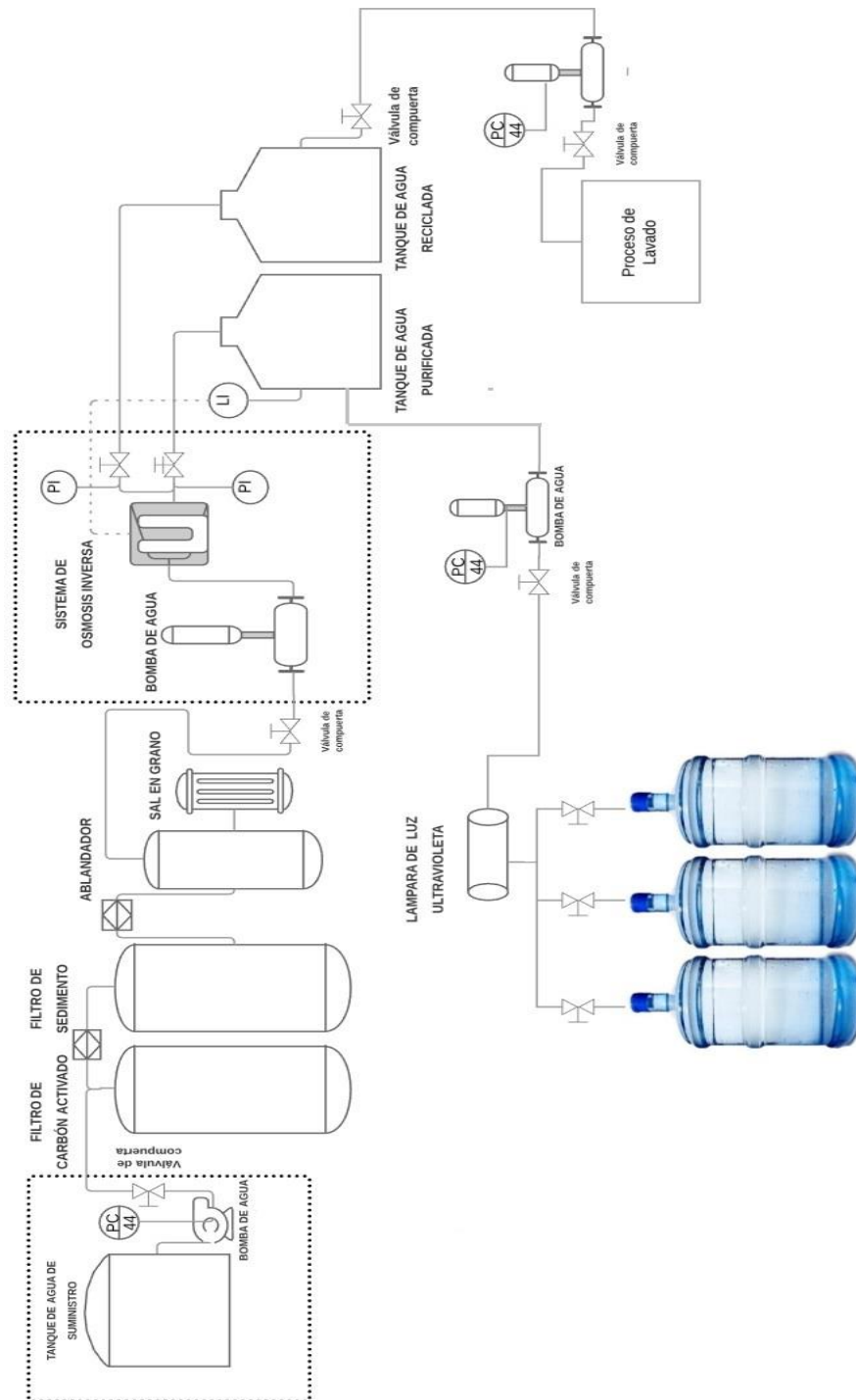
3.2 Identificación de variables del sistema

La variable de entrada principal es el tiempo, el PLC como sistema de planta y la variable de salida es el botellón de 20 litros lleno y sellado para el mercado.

3.3 Caracterización del proceso

La Empresa actualmente maneja un sistema completo para purificación utilizando todos los filtros de carbón, sedimentos, ablandador, ósmosis inversa, el cual separa agua que es más apta para el consumo y agua que sirve para otros procesos como el de limpieza. Estos sistemas son automatizados utilizando equipos Culligan, controladores que permiten que tenga un mantenimiento de los filtros de los tanques por tiempos de producción, además de que cada proceso posee una bomba con un tanque precargado, y presostatos los cuales miden la presión existente, para que cuando se tenga un valor inferior a un valor seteado, se activa las bombas para que las bombas trabajen constantemente lo cual se puede llegar a ver en la instrumentación de la Figura 3.1. Para lo cual el requerimiento de la planta es eliminar los tiempos muertos que se producen al tener que colocar los botellones, abrir las válvulas y luego al finalizar el proceso tener que cerrar todas nuevamente, pues trabajan en lotes de 4 botellones al mismo tiempo. Estos sistemas deben funcionar independiente del actual utilizado, el cual garantiza la presión constante de agua en las líneas de todas las tuberías en base a cada proceso con bombas y valores de los presostatos por procesos.

Figura 3.1 Diagrama de instrumentación de la empresa



Diseño previo de instrumentación. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Para el desarrollo del diseño se plantea que en la limpieza funcionará a través de una electroválvula que accionará el uso del desinfectante hacia los botellones en la parte interna, seguido se utilizará un espacio hermético con una electroválvula para el enjuague, a través de tubería interna y mediante presión de agua se limpiará y se

realizará el enjuague de los botellones que estarán colocados boca abajo para limpiar los residuos sobrantes tanto internos como externos del botellón. Para el proceso de llenado se colocarán tres electroválvulas que estarán temporizadas, estas se activarán con la señal enviada desde el HMI, para el tapado se usará un cilindro de doble efecto que se activará al recibir la señal desde el HMI.

3.4 Sistema de limpieza

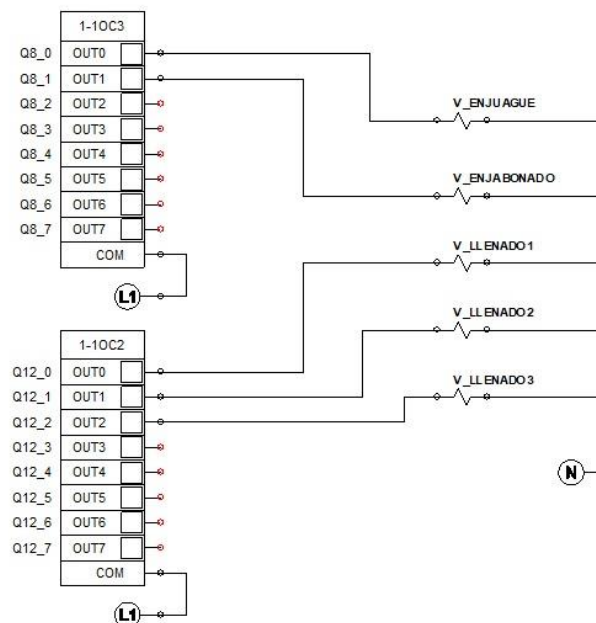
El sistema de limpieza consta de 2 fases:

- Lavado interno (líquido desinfectante de jabón)
- Enjuague interno y externo

3.4.1 Lavado interno

En la Figura 3.2 se observa el diagrama eléctrico de la conexión para el control semiautomático del enjabonado, utilizando la salida Q8.0 del PLC mediante el módulo de expansión de salidas digitales (1-1OC3) cuya salida física es la output1, y al ser una salida de tipo relé viene la alimentación de 110V mediante el común hacia la salida de la válvula de desinfección.

Figura 3.2 Diseño eléctrico de conexión al PLC



Diseño semiautomático de lavado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Este sistema está conformado por dos modos, en la primera se coloca una electroválvula y una llave de paso en posición en serie en la tubería la cual lleva el líquido desinfectante, en la segunda se coloca una llave de paso en posición en paralelo, para tener el control del proceso semiautomático como se muestra en la Figura 3.3, por medidas de seguridad. Si se produjera algún daño se impide el paso de agua en la rama que contiene la electroválvula y se detecta el fallo, como también se pueda trabajar de forma manual evitando pérdidas en la empresa.

Figura 3.3 Conexión en paralelo con electroválvula para el proceso semiautomático



Proceso semiautomático de lavado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.4 se observa el diagrama de control del lavado, en donde los datos de entrada son los tiempos colocados por el operario, la planta del proyecto se realiza mediante el control programado del tiempo de encendido de la electroválvula, finalmente la salida del sistema es la cantidad de tiempo empleado para la limpieza de 4 botellones que entran sobre la mesa o dependiendo de la necesidad del usuario.

Figura 3.4 Diagrama de control para el proceso de lavado

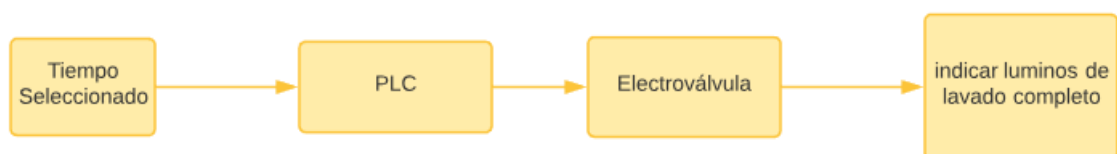


Diagrama de bloques del sistema de control del lavado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.4.2 Enjuague interno y externo

Este sistema está conformado por dos modos como se menciona en el proceso de lavado interno y se puede observar en la Figura 3.5, en este proceso se usa el agua que es desechada al pasar por la ósmosis inversa considerada no lista para el expendio, por lo cual es reciclada por temas ambientales y usada en otros procesos como el enjuague interno y externo de los botellones. Adicional se sigue manteniendo las llaves de paso manual de cada posición, que son abiertas completamente para trabajar en el modo semiautomático, además de que el operador puede seleccionar con cuantas quiere trabajar solo cerrando las que no usará.

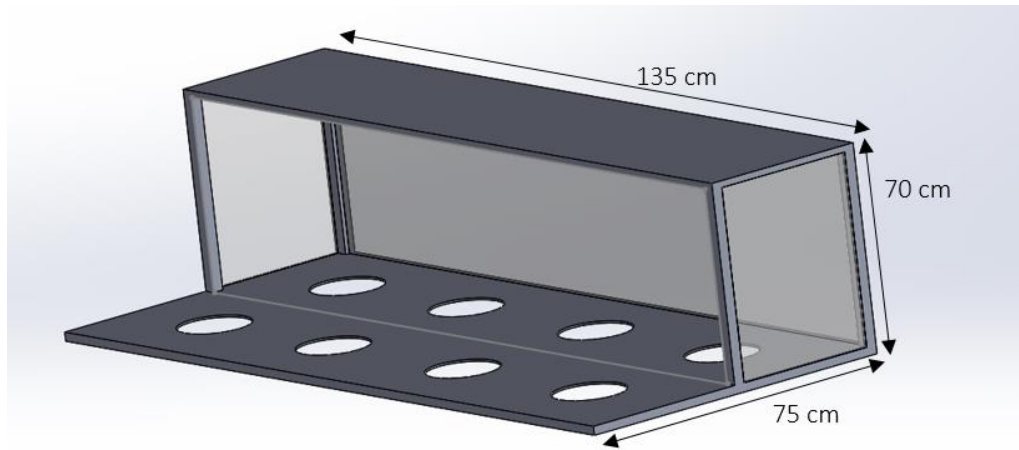
Figura 3.5 Conexión en paralelo con electroválvula para el proceso semiautomático



Proceso semiautomático del enjuague. Elaborado por: Verónica Cando & Crithian Guerra

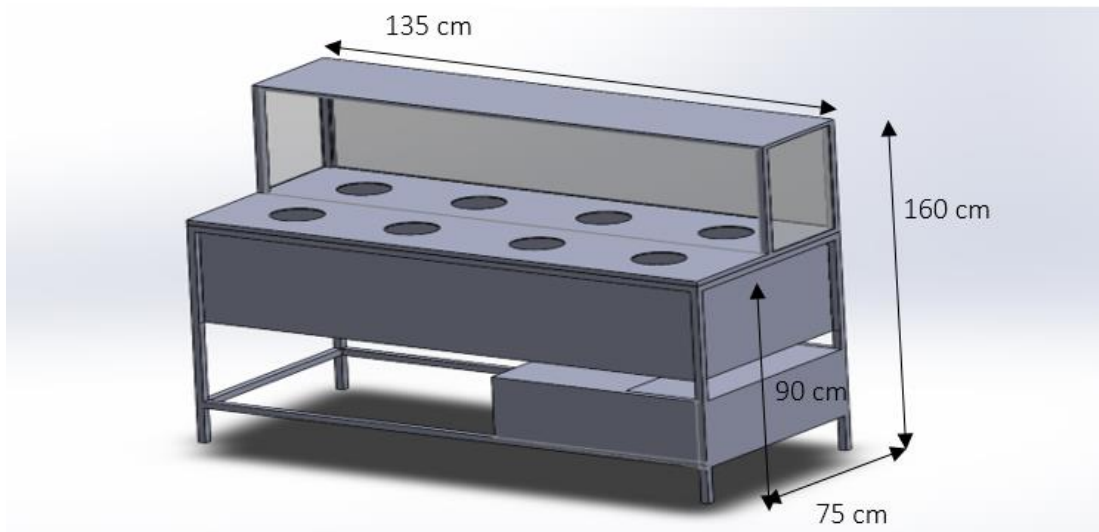
En la Figura 3.3 se observa el diagrama de control del lavado, que cumple la misma función, pero en el proceso de enjuague interno y externo. El diseño de la mesa se realizó en el software SolidWorks como se observa en la Figura 3.6 y 3.7, en donde se colocaron las siguientes medidas para realizar la fabricación.

Figura 3.6 Diseño de estructura hermética



Diseño de estructura hermética. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Figura 3.7 Diseño implementado en la mesa



Diseño de estructura hermética. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Adicional se fabrica una estructura hermética como se muestra en la Figura 3.8 en donde se colocan los botellones, la misma que está conformada de: material de acero inoxidable, vidrio y silicón frío, adicional se colocan en forma paralela tubería con perforaciones en ambos lados y en la parte superior para realizar el enjuague tanto interno como externo del botellón.

Figura 3.8 Estructura hermética para el enjuague de botellones



Estructura hermética elaborado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Para este sistema se usó un semáforo de tres colores en donde se indican los estados del proceso como se muestra en la Figura 3.9, verde para el inicio del mismo, naranja cuando esta pronto a terminar y rojo indicador de la terminación, adicional se activar un buzzer en señal de que el proceso terminó.

Figura 3.9 Semáforo indicador de tablero de proceso de lavado y enjuague



Semáforo indicador. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.5 Sistema de llenado

Para tener un proceso semiautomático se procede a habilitar el llenado de tres botellones de 20 litros mediante una válvula de paso manual al inicio de la estructura como se muestra en la Figura 3.10, cada posición de llenado está conformado por dos modos como se especifica en el lavado interno.

Figura 3.10 Proceso de llenado semiautomático



Sistema de llenado semiautomático. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Adicional se cambió las válvulas de paso manual metálicas que producían pérdidas de agua por goteos, por válvulas de paso PVC las cuales al no tener un empaque en su parte interna realizan un cierre completamente hermético evitando goteos como se muestra en la Figura 3.11.

Figura 3.11 Cambio de llaves por válvulas



Cambio de llaves metálicas por válvulas PVC. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.3 se observa el diagrama de control del lavado, que cumple la misma función, pero en el proceso de llenado en las tres válvulas que dispensaran la cantidad adecuada de agua purificada para cumplir con los parámetros solicitados.

Para el cálculo del tiempo que se deben abrir las electroválvulas se usó la siguiente ecuación 3.1.

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$T = \frac{V}{Q}$$

$$T = \frac{20 \text{ litros}}{14,92 \text{ litros/min}}$$

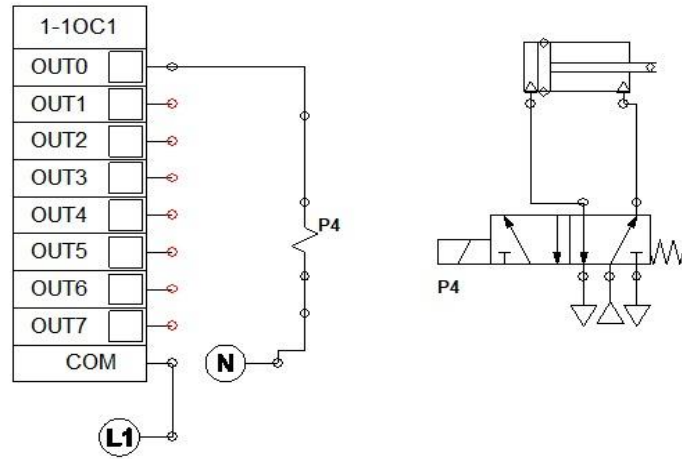
$$T = 1,34 \text{ min} = 80,42 \text{ s}$$

Este es el tiempo teórico que debe abrirse la electroválvula para llenar un botellón de 20 litros, pero debido a que son tres electroválvulas este tiempo varía dependiendo la caída y si las tres funcionan juntas o por separado.

3.6 Sistema de tapado

Para este sistema se diseñó el funcionamiento con un cilindro doble efecto conectado a una electroválvula neumática como se muestra en la Figura 3.12 que ejercerá una fuerza determinada basándose en los siguientes cálculos reemplazando los datos en las ecuaciones mencionadas en el capítulo 2 apartado 2.3.

Figura 3.12 Diseño neumático



Diseño neumático del sistema de tapado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

La fuerza teórica se calcula ocupando la ecuación 2.2 del capítulo 2 apartado 2.3, de esta se puede obtener la presión usando el área de la tapa:

$$F_t = P_{aire} \left(\frac{\pi}{4} \right) D^2$$

$$P_{compresor} = \frac{F}{A_{tapa}} \quad \text{Ec(3.2)}$$

$$A_{tapa} = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right)$$

$$A_{tapa} = \pi \left(\frac{5,8 \text{ cm}^2}{4} \right)$$

$$A_{tapa} = 26,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{tapa} = 0,0026 \text{ m}^2$$

La fuerza necesaria para tapar un botellón es de 200 N y el área calculada es **0,26 m²** reemplazando estos valores en la ecuación 3.2:

$$P_{compresor} = \frac{200 \text{ N}}{0,0026 \text{ m}^2}$$

$$P_{compresor} = 76923,1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 76,92 \text{ Pascales}$$

$$P_{compresor} = 7,7 \text{ bares}$$

Para el tapado se colocaron 7,7 bares debido a que la fuerza adecuada que ejerce el cilindro es de 200 N, esta es la necesaria para no dañar los picos de los botellones, así como la tapa, por lo tanto, se determina que a más presión mayor fuerza.

En la Figura 3.13 se observa la implementación del diseño, en donde se conecta el cilindro doble efecto a una electroválvula neumática que trabaja a 110v, la alimentación de aire proviene del compresor.

Figura 3.13 Tapado semiautomático



Sistema de tapado semiautomático. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.14 se observa el diagrama de control del tapado, en donde los datos de entrada son los tiempos colocados por el operario, la planta del proyecto se realiza

mediante la salida y entrada del vástago del cilindro, finalmente la salida del sistema es la cantidad de tiempo empleado en el tapado del botellón.

Figura 3.14 Diagrama de bloques del tapado del botellón

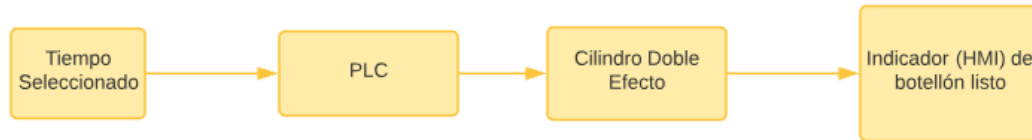


Diagrama de bloques del sistema de control del llenado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.7 Distribución del armario eléctrico y electrónico

Para la distribución del armario eléctrico y electrónico se ha colocado:

3.7.1 Tablero principal

Se ha considera que el tablero principal debe estar colocado el controlador lógico protegido por un breaker para evitar daños por descargas eléctricas como se muestra en la Figura 3.15, de este se distribuye las señales tanto de alimentación como señales eléctricas que se envían y se reciben del PLC hacia los otros tableros. Está ubicado junto al tablero eléctrico que cuenta la planta purificadora como se muestra en el anexo 2.

Figura 3.15 Tablero eléctrico y electrónico principal



Tablero de control principal. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.7.2 Tablero de lavado y enjuague

El tablero de lavado y enjuague consta en su parte interna borneras con conexiones para las electroválvulas de funcionamiento como se muestra en la Figura 3.16, para el semáforo indicador y una botonera en su parte externa para el control de arranque de los dos procesos, además de un botón de paro general o conocido como paro de emergencia.

Figura 3.16 Tablero de control secundario 1



Parte interna y externa de tablero de lavado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.7.3 Tablero de llenado y tapado

El tablero de llenado consta en su parte interna borneras con conexiones para las electroválvulas de funcionamiento como se muestra en la Figura 3.17, para el semáforo indicador y la electroválvula neumática, en la parte externa se muestra el HMI el cual tiene el control de todos los procesos semiautomáticos, al igual consta de un botón para un paro de emergencia.

Figura 3.17 Tablero de control secundario 2

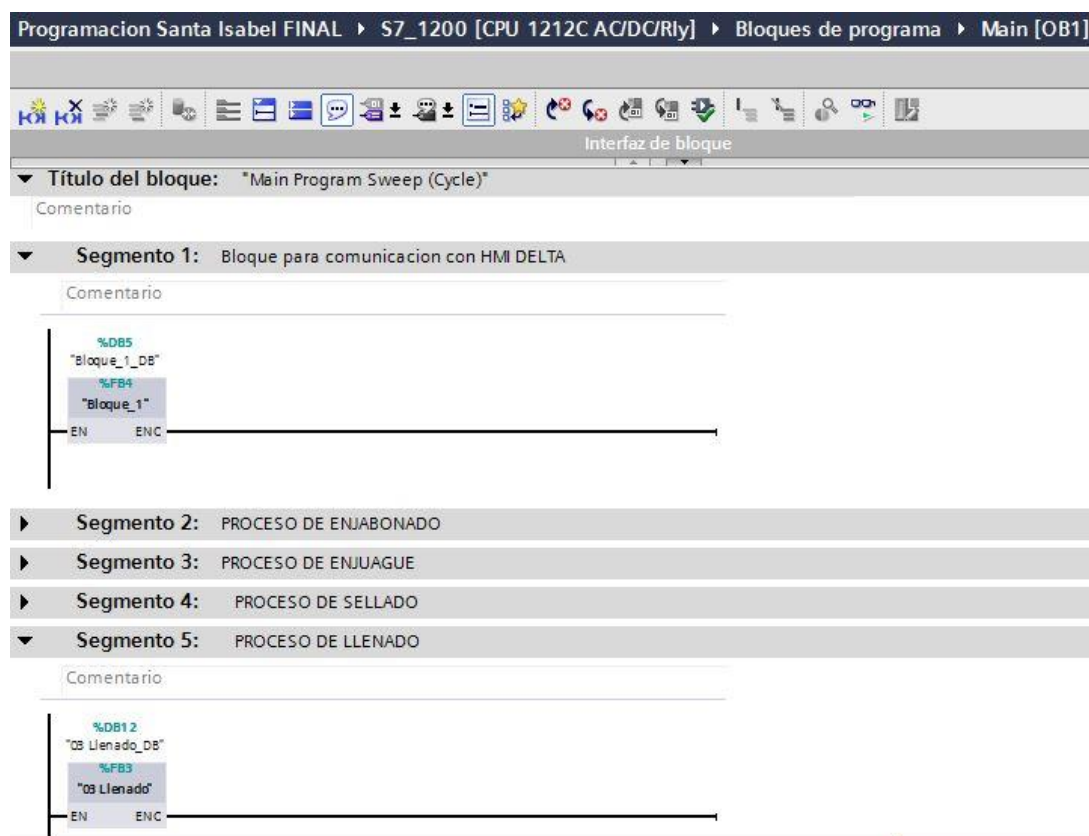


Parte interna y externa de tablero de llenado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.8 Programación de PLC

A continuación, se podrá encontrar los diagramas de flujo de los diferentes procesos como también el programa en el software TIA-PORTAL en donde en el programa principal se encontrará para cada proceso un bloque de programa el cual llevará la programación completa manteniendo un orden como se muestra en la Figura 3.18.

Figura 3.18 *Main* con los bloques de función



Bloques de función de los procesos. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

A continuación, se encuentra la lista de variables usadas en la programación tanto variables de entrada y salida que se muestra en el anexo 3.

3.8.1 Secuencia de funcionamiento del proceso de enjabonado

Figura 3.19 Diagrama de flujo del proceso de enjabonado de botellones

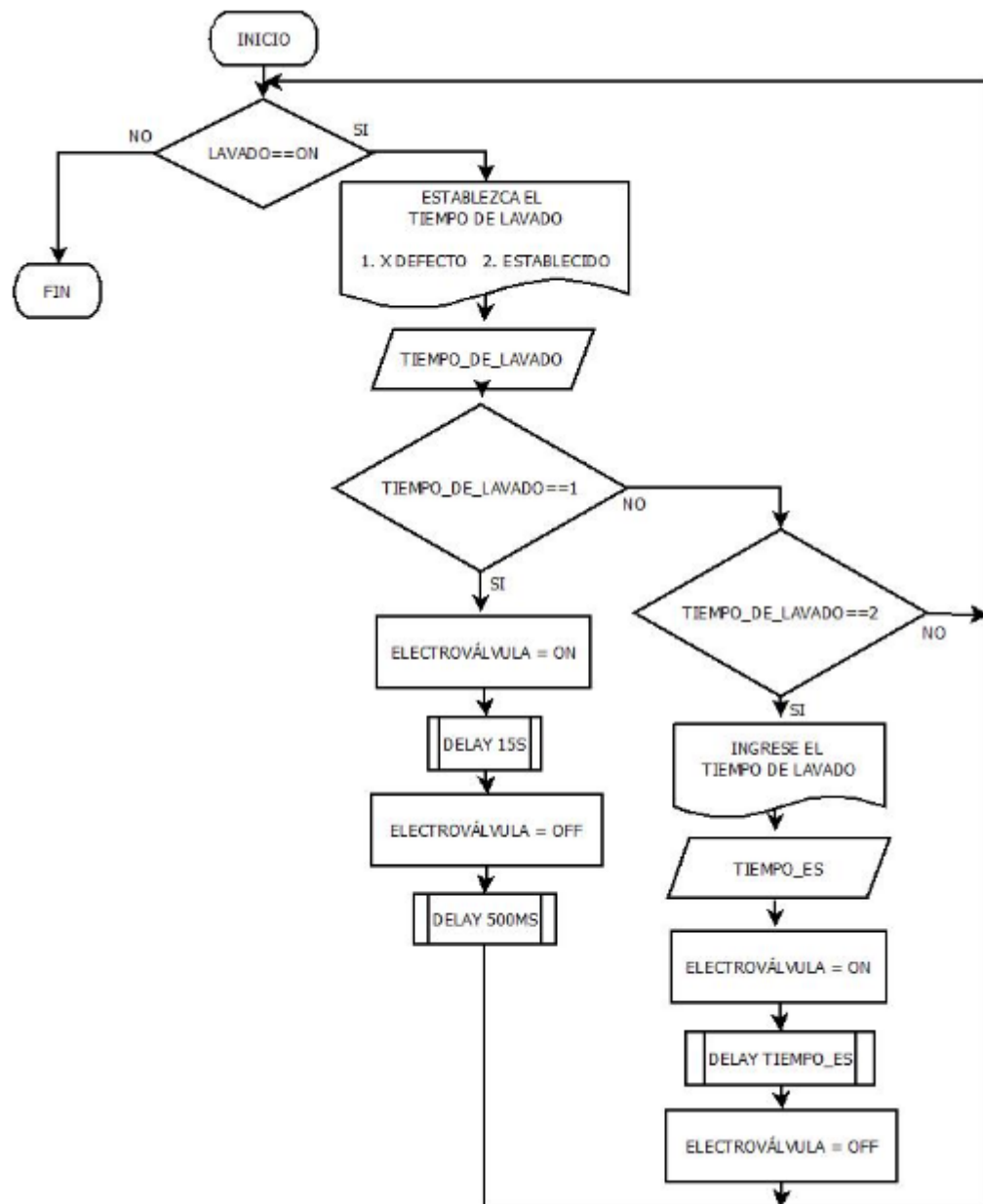
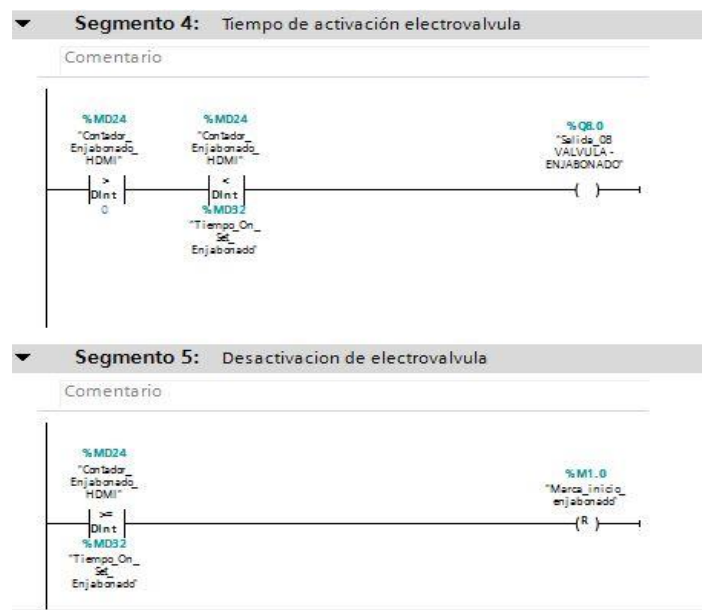


Diagrama de flujo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.20 se observa una comparación para que el tiempo de activación de la electroválvula de líquido soluble esté entre cero y el tiempo seleccionado a ejecutarse, sea el valor por defecto o el valor editable desde el HMI. El tiempo recorrido será visualizado por la variable MD24, mientras que el tiempo de activación está dado por la variable MD32. El mismo que será visualizado desde la pantalla, y que podrá ser modificado desde el mismo.

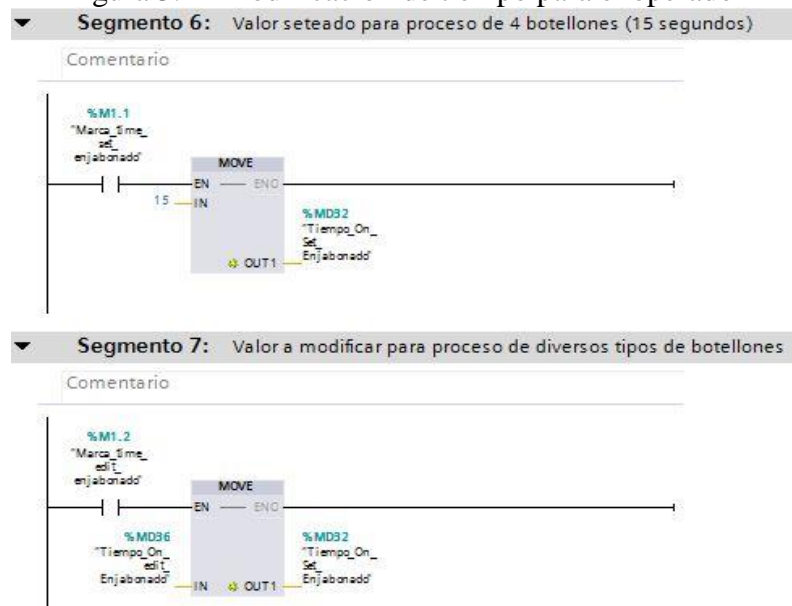
Figura 3.20 Activación para funcionamiento de electroválvula



Tiempo de encendido de electroválvula. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.21 se observa que existe un tiempo preestablecido de 15 segundos asignado a la marca MD32 sugerido por el dueño de la planta, pero a su vez este puede ser manipulado tanto para aumentarlo como para disminuirlo en caso de ser necesario como se indica en el diagrama de flujo Figura 3.19, este tiempo se manipula a través del HMI y se almacena en la marca MD36 para luego ser movida a la marca MD32.

Figura 3.21 Modificación de tiempo para el operador



Programación para modificar tiempo de duración. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.8.2 Secuencia de funcionamiento del proceso de enjuague

Figura 3.22 Diagrama de flujo del proceso de enjuague de botellones

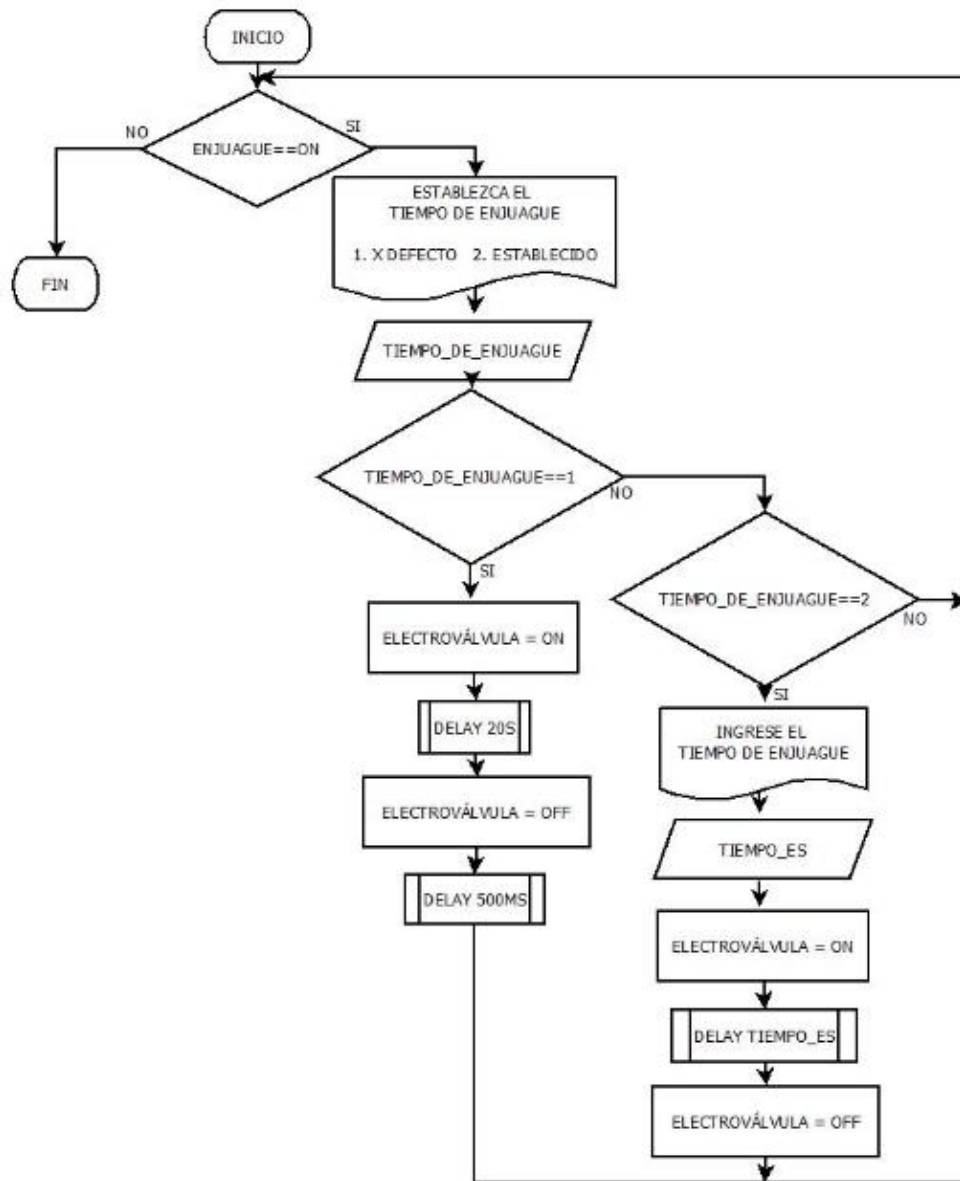
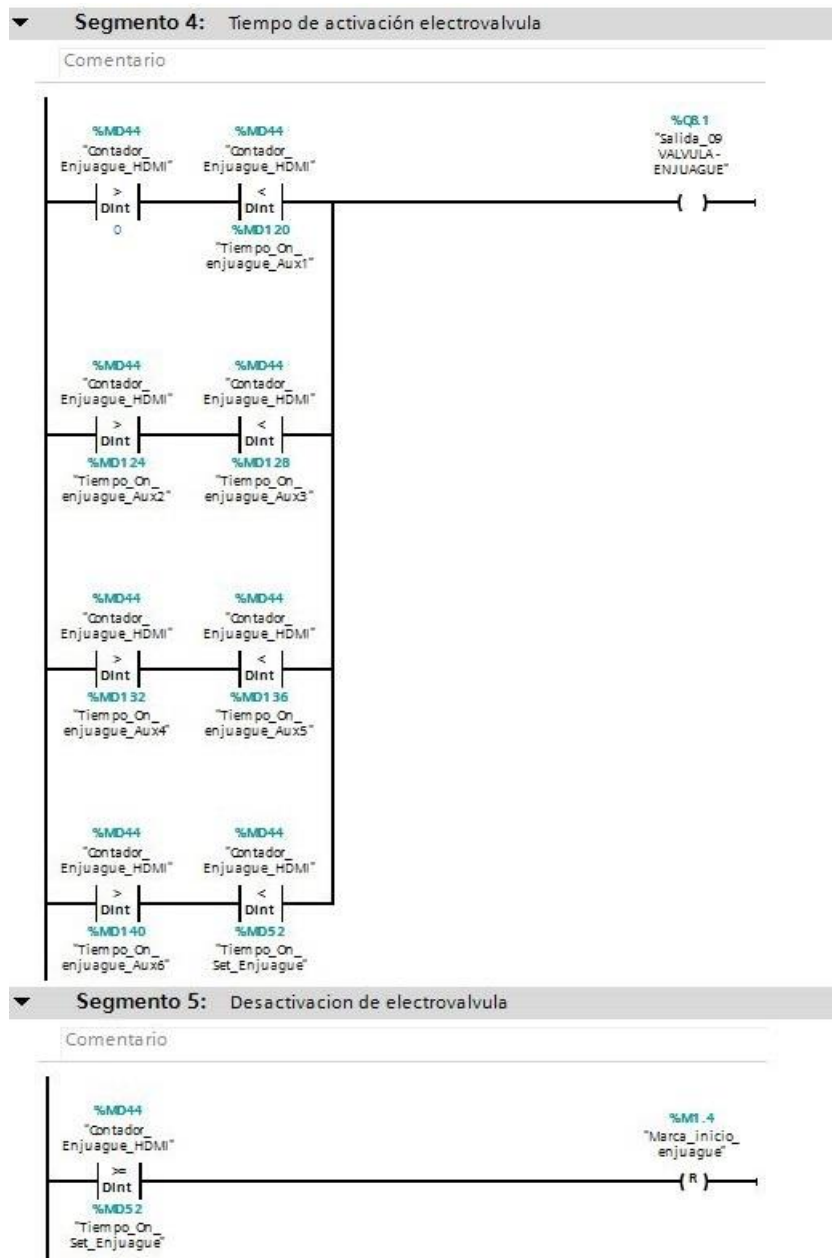


Diagrama de flujo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.23 se observa una serie de comparaciones con la marca MD120 activando y desactivando la salida Q8.1 conectada a la electroválvula a manera de pulsos durante 20 segundos permitiendo el enjuague del botellón interno como externo después de sobrepasar el rango esta se resetea desactivando la salida Q8.1. La marca MD44 es usada para visualizar el conteo en la pantalla HMI.

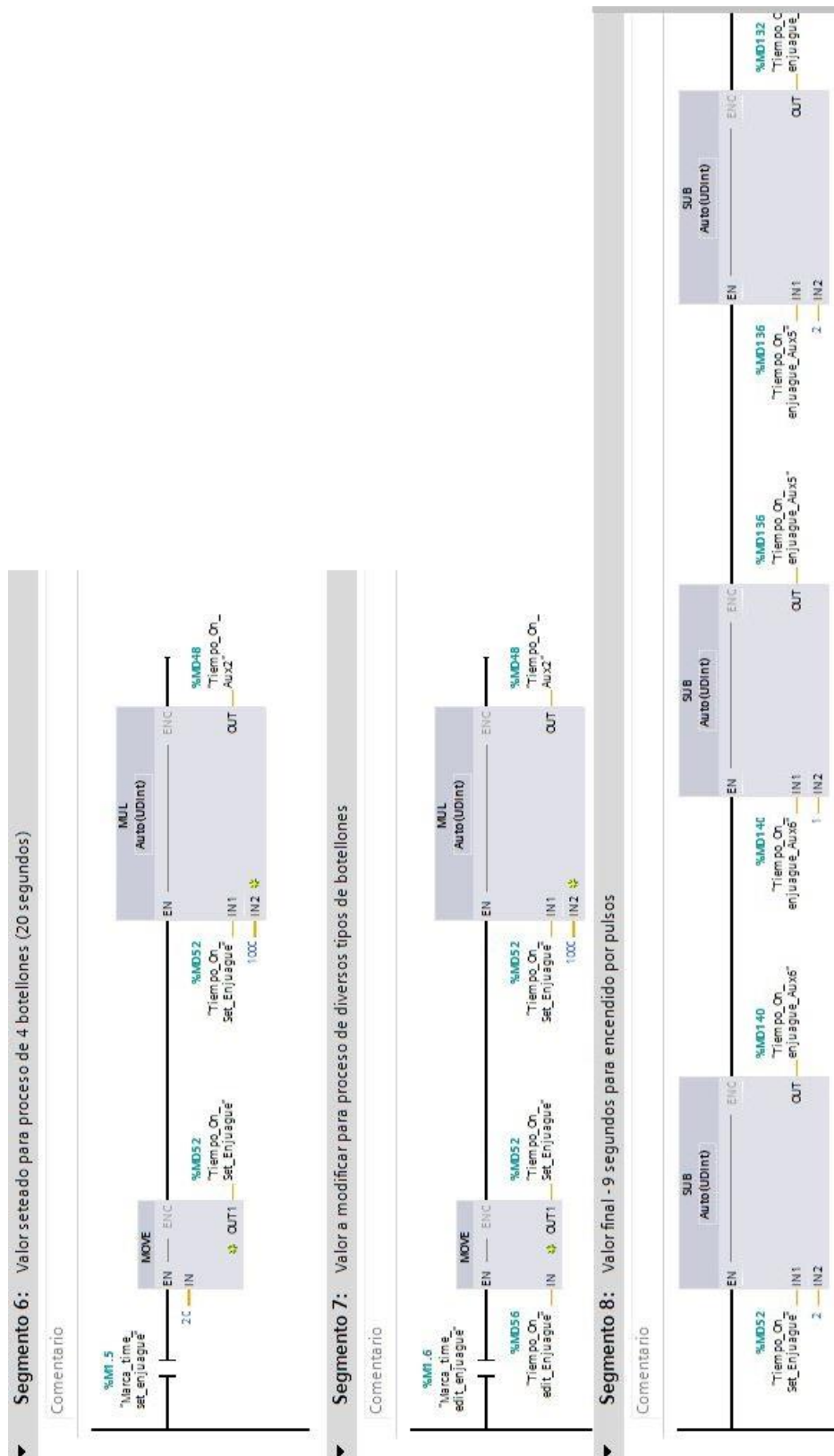
Figura 3.23 Activación para funcionamiento de electroválvula



Tiempo de encendido de electroválvula. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.24 se observa que existe un tiempo preestablecido de 20 segundos asignado a la marca MD52 la cual multiplicada por 1000 se mueve a la marca MD48 sugerido por el dueño de la planta, pero a su vez este puede ser manipulado tanto para aumentarlo como para disminuirlo los pulsos en caso de ser necesario como se indica en el diagrama de flujo Figura 3.22, este tiempo se manipula a través del HMI y se almacena en la marca MD56 para luego ser movida a la marca M48.

Figura 3.24 Modificación de tiempo para el operador



Programación para modificar tiempo de duración del proceso. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.8.3 Secuencia de funcionamiento del proceso de llenado

Figura 3.25 Diagrama de flujo del proceso de llenado de botellones

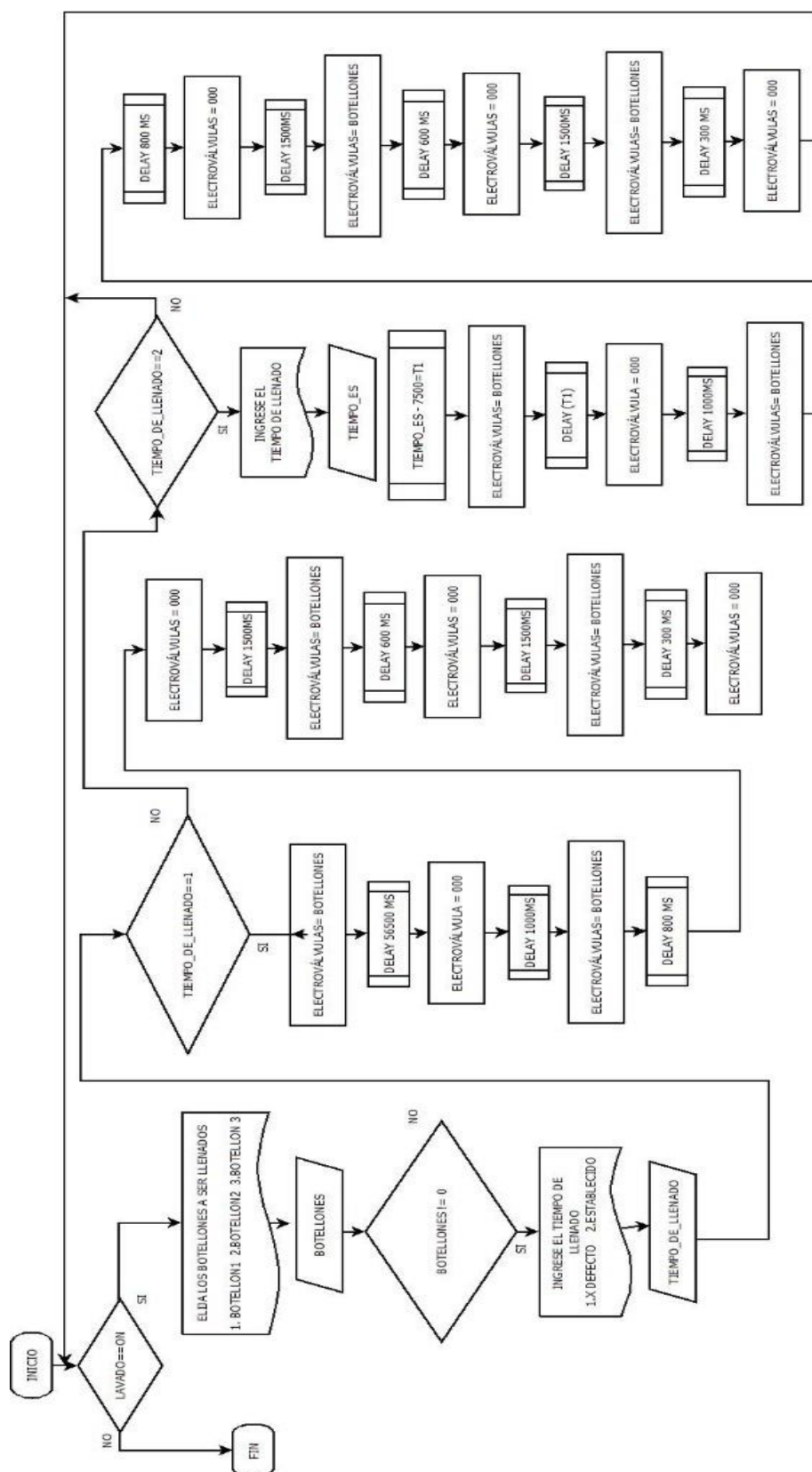
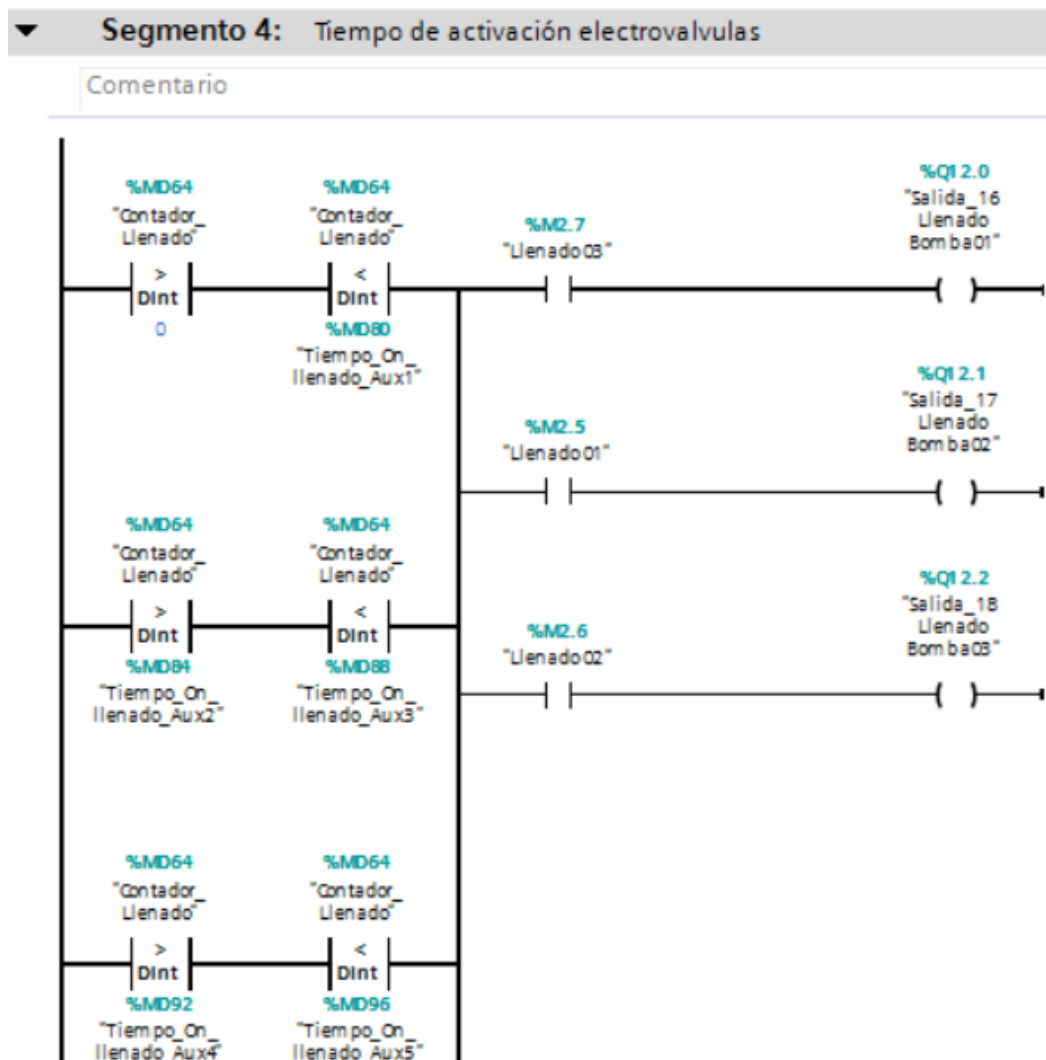


Diagrama de flujo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.26 se tiene comparaciones del tiempo que transcurre con variables auxiliares para que el tiempo de activación de la electroválvula posea un periodo de activación constante, y otros mediante pulsos para evitar desbordamientos debido a la estructura física del botellón, que en su parte superior su diámetro es menor. Además, posee marcas que el operador activará desde el HMI para seleccionar cualquiera de las tres electroválvulas establecidas para el llenado.

Figura 3.26 Activación para funcionamiento de electroválvula

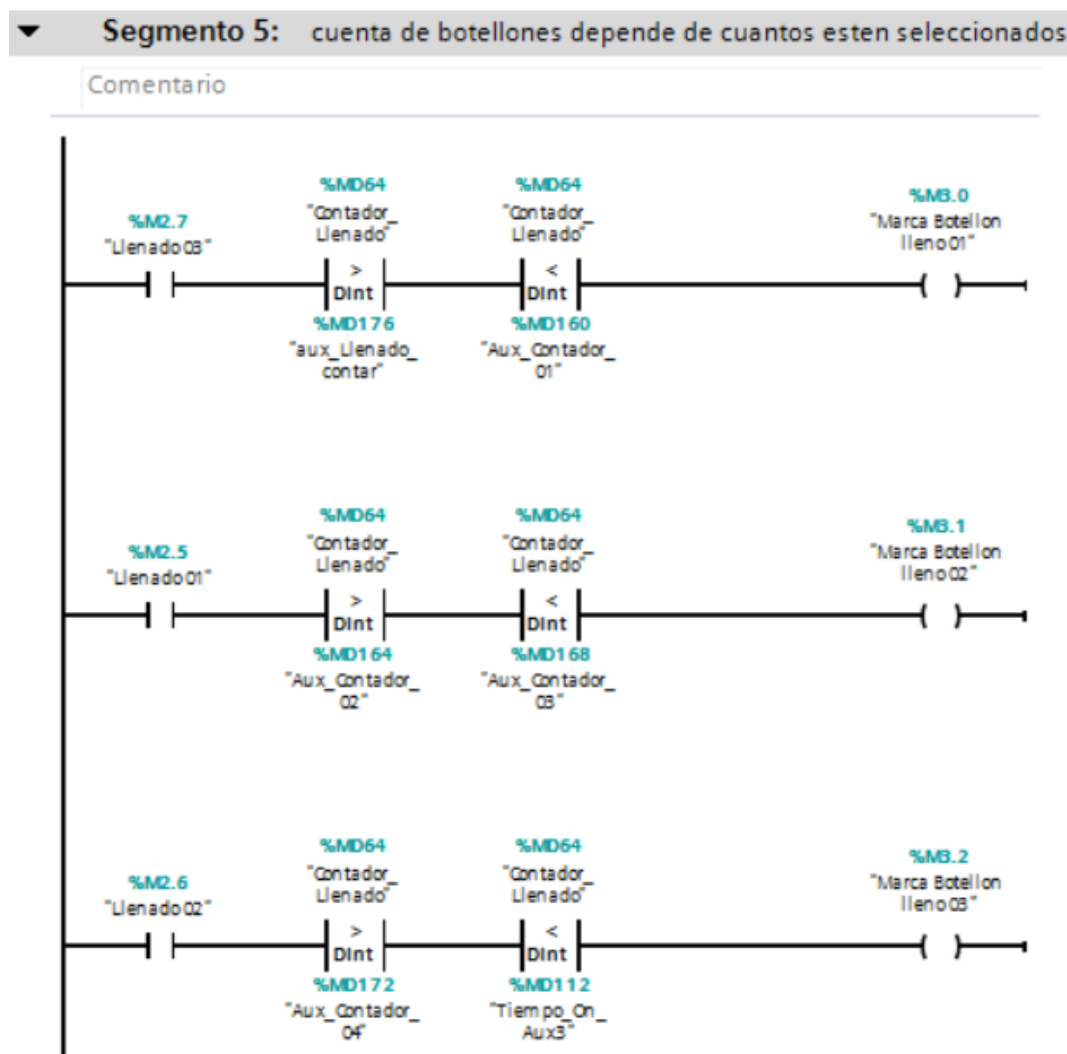


Tiempo de encendido de electroválvulas. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.27 las comparaciones sirven para enviar pulsos hacia el contador de las electroválvulas seleccionadas para llenar los botellones, utilizando el último segundo del proceso ya que permite un control real sobre la contabilización de botellones llenos

con el proceso automatizado, en caso de que existan paros de emergencia o procesos incompletos.

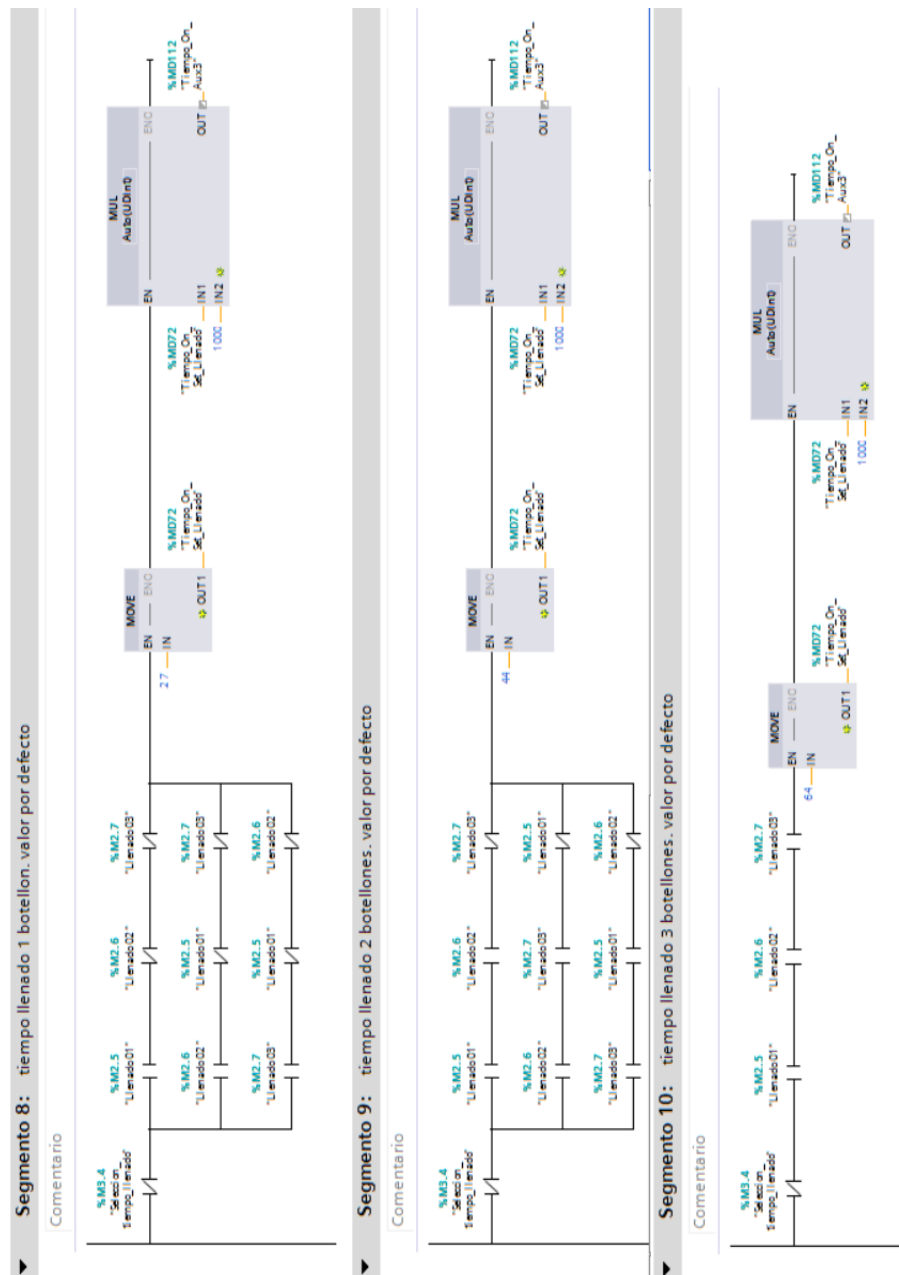
Figura 3.27 Contador de botellones llenos



Contador de botellones. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.28 se establece el tiempo por defecto en caso de que se seleccione uno, dos o tres botellones a trabajar, calibrados en tiempo para llenar de manera uniforme los mismos. Quedando un tiempo de 27 segundos para un botellón, 44 segundos para dos y 64 segundos para los tres botellones. Esto debido a la caída de caudal al llenar con dos o tres llaves al mismo tiempo.

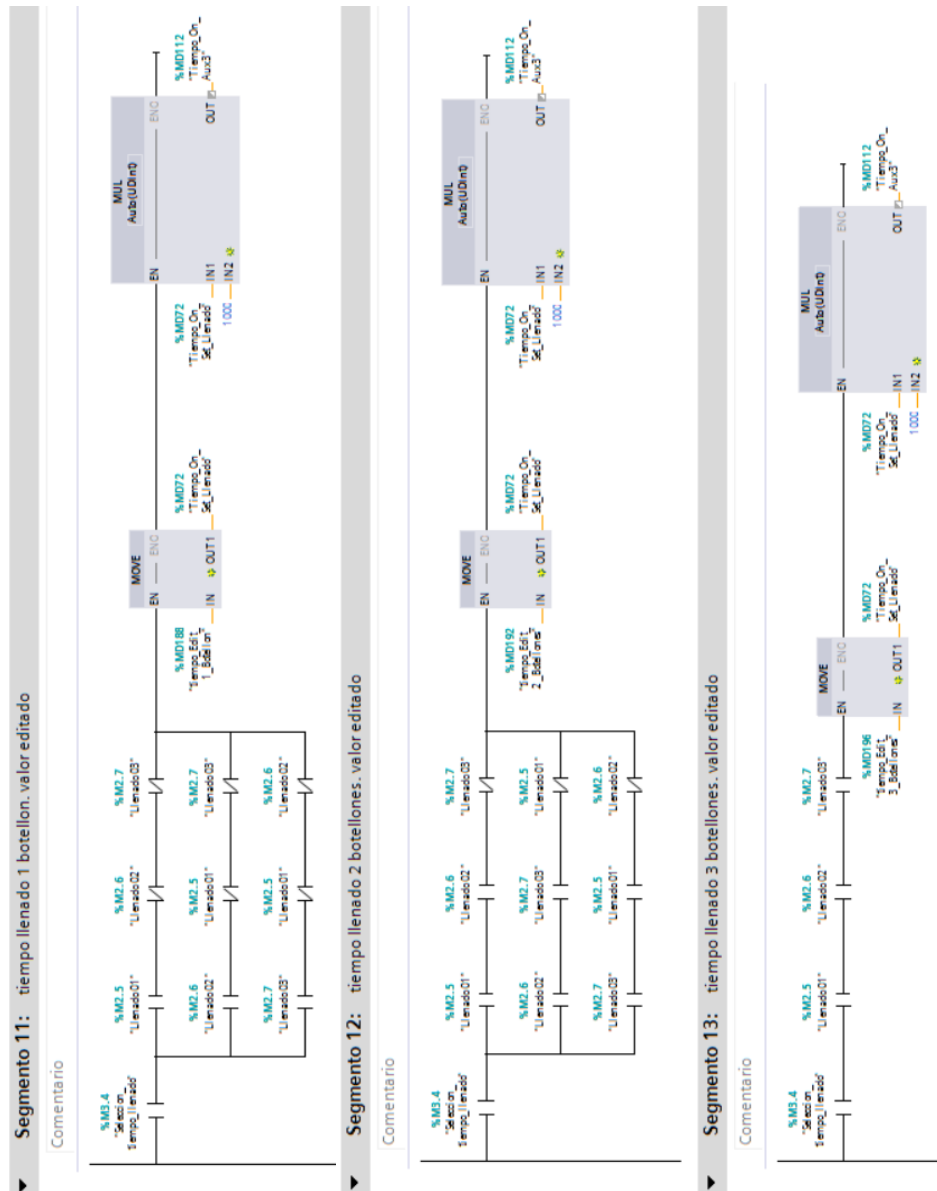
Figura 3.28 Tiempo de llenado



Tiempo establecido para llenado de botellones. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.29 se tiene la programación similar al proceso anterior, con la diferencia de que la marca que permita el cambio entre valores por defecto y valores editables por el usuario cambie de estado. Utilizando variables tipo *doble word* para el intercambio entre uno, dos o tres electroválvulas seleccionadas.

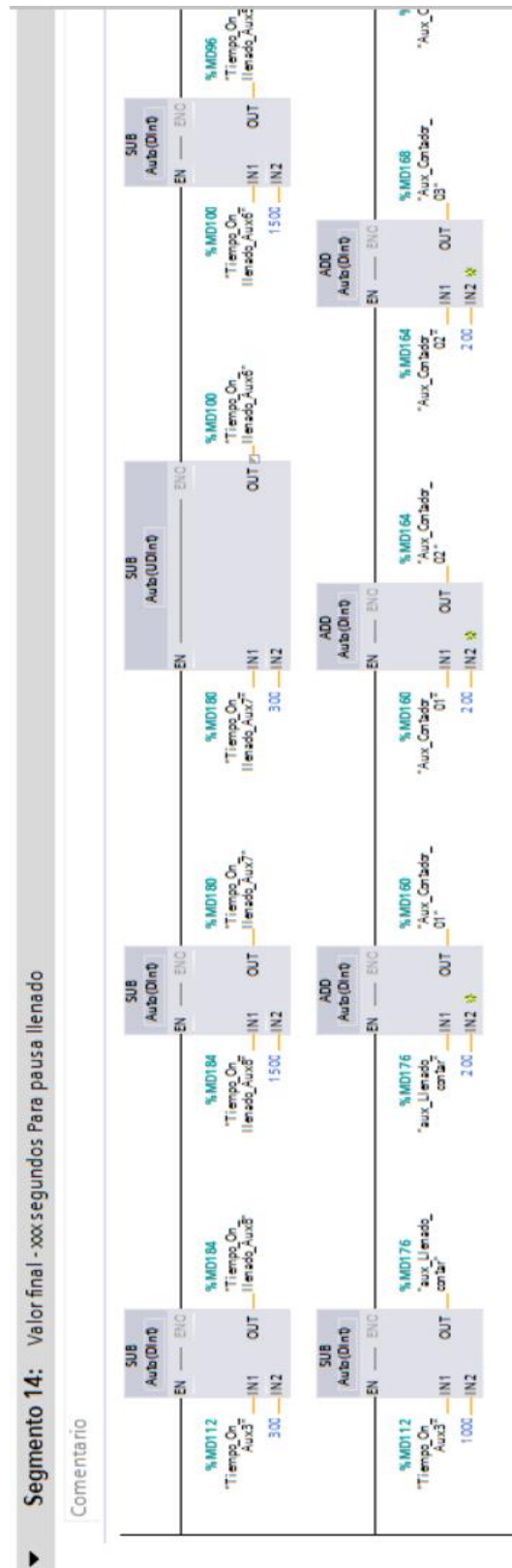
Figura 3.29 Valor editable para llenado



Tiempo editable para llenado de botellones. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.30 se establecen los periodos de pausa, y de ciclos de llenado por pulsos para evitar desbordamiento del líquido además de las variables auxiliares para establecer el conteo de los botellones llenos.

Figura 3.30 Pausas de llenado



Pausas para llenado de botellones. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.8.4 Secuencia de funcionamiento del proceso de tapado

Figura 3.31 Diagrama de flujo del proceso de tapado de botellones

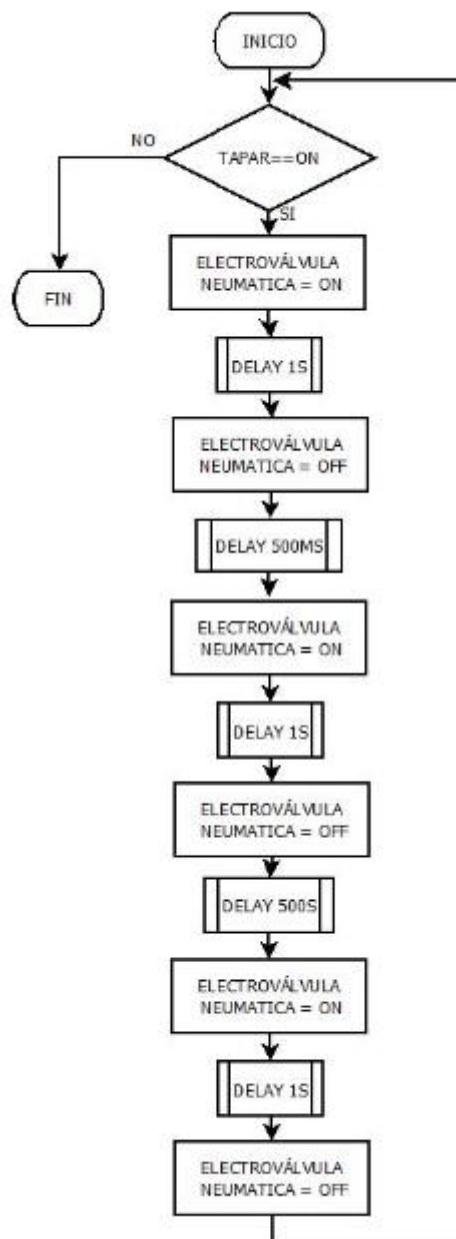
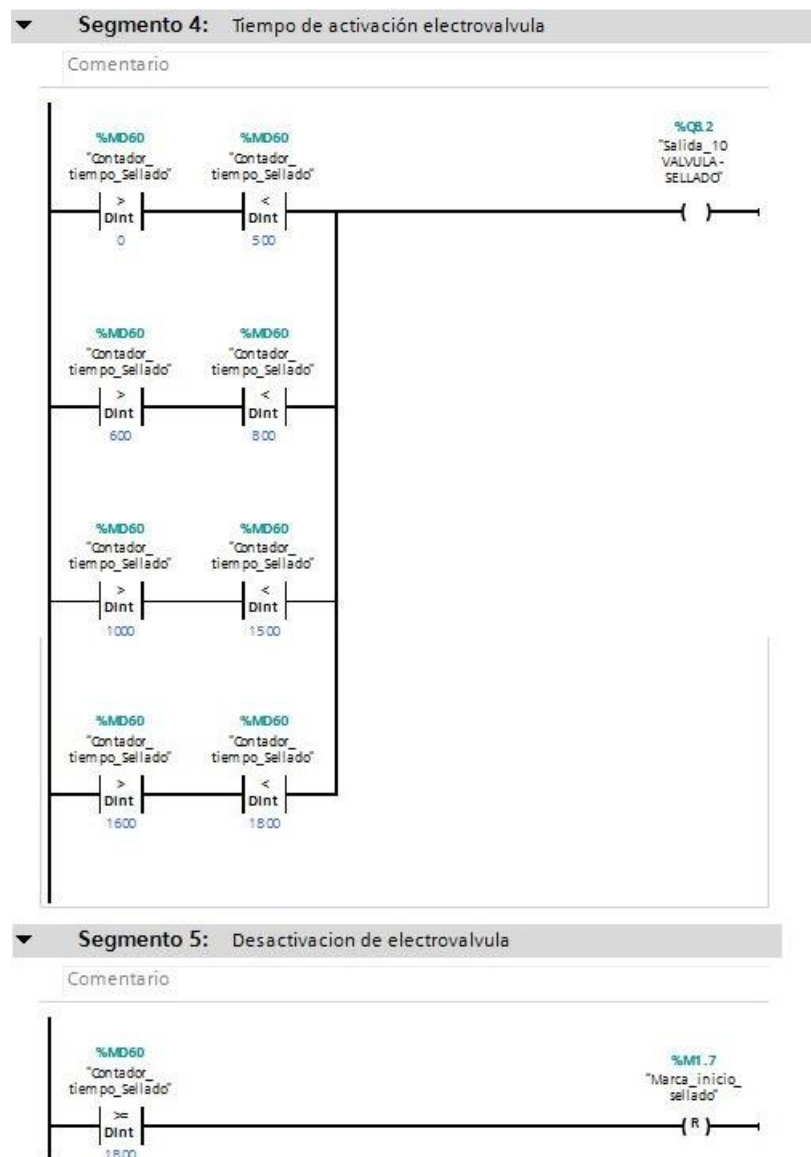


Diagrama de flujo. Elaborado por: Verónica Cando & Crithian Guerra

En la Figura 3.32 se observa una serie de comparaciones con la marca MD60 activando y desactivando la salida Q8.2 conectada a la electroválvula a manera de pulsos durante 10 segundos realizando cuatro actuaciones del vástago del cilindro de manera continua asegurando el sellado de la tapa.

Figura 3.32 Activación para funcionamiento de electroválvula



Tiempo de encendido de electroválvula. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

3.9 Pantallas implementadas en la HMI

La función de cada pantalla se detalla a continuación.

La pantalla de inicio consta del logo de la empresa, el logo de la universidad y un botón de inicio para ingresar al menú como se muestra en la Figura 3.33

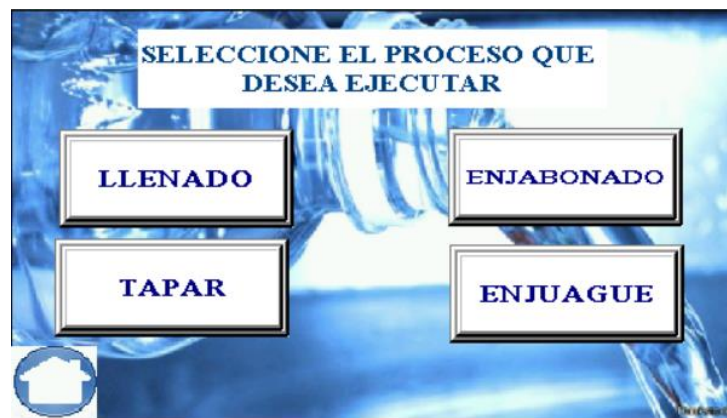
Figura 3.33 Pantalla Principal



Pantalla principal del HMI. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra


En la Figura 3.34 se observa la pantalla donde el operador puede seleccionar los 4 procesos semiautomáticos dependiendo de las necesidades cuyas características de cada ítem en la pantalla se ven en la Tabla 3.1.

Figura 3.34 Menú de opciones



Selección de procesos. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.1 Registro de funciones botones

	Función:
LLENADO	Hacia página de proceso llenado
TAPAR	Hacia página de proceso sellado
ENJABONADO	Hacia página de proceso enjabonar
ENJUAGUE	Hacia página de proceso enjuague
	Hacia página principal

Funciones de ítem de pantalla. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra








En la opción del enjabonado que se muestra en la Figura 3.35 se puede visualizar el tiempo preestablecido, un botón de *start*, un botón de paro de emergencia y un botón de reloj en donde se podrá modificar los tiempos como se indicó en la programación. La Tabla 3.2 muestra las funcionalidades de los ítems en la pantalla.

Figura 3.35 Pantalla para el enjabonado



Interfaz para activar el proceso de lavado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.2 Registro de funciones botones

	Función:
	Inicia proceso
	Paro de emergencia
	Tiempo corriendo al iniciar
	Tiempo previsto a ser ejecutado
	Proceso en ejecución.
	Hacia página de config de tiempos
	Hacia página principal

Funciones de ítem de pantalla proceso desinfección. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra


En la Figura 3.36 se muestra el menú para realizar variaciones a los tiempos preestablecidos sin necesidad de ingresar a la programación, a esta ventana solo tendrán acceso los dueños de la planta. En la Tabla 3.3 se muestras características de cada botón.

Figura 3.36 Pantalla para modificación de tiempo



Interfaz para variación de tiempo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.3 Registro de funciones botones

	Función:
X DEFECTO	Proceso dura 15 segundos
OTRO VALOR	Proceso dura tiempo seleccionado
####	tiempo a ser ejecutado el proceso
####	tiempo editado para ejecutar
	Hacia página de ejecución proceso

Funciones de ítem de pantalla para el proceso de desinfección. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la opción del enjuague que se muestra en la Figura 3.37 se puede visualizar el tiempo preestablecido, un botón de *start*, un botón de paro de emergencia y un botón de reloj en donde se podrá modificar los tiempos como se indicó en la programación.

Figura 3.37 Pantalla para el enjuague



Interfaz para activar el proceso del enjuague. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 3.38 se muestra el menú para realizar variaciones a los tiempos preestablecidos sin necesidad de ingresar a la programación, esta ventana solo tendrá acceso los dueños de la planta.

Figura 3.38 Pantalla para modificación de tiempo



Interfaz para variación de tiempo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la opción de llenado que se muestra en la Figura 3.39 se puede visualizar el tiempo preestablecido para cada opción, un botón de *start*, un botón de paro de emergencia, tres botones con tres botellones en donde el operador puede seleccionar con cuales electroválvulas desea trabajar y un botón de reloj en donde se podrá modificar los tiempos como se indicó en la programación. Con detalles en la Tabla 3.4 de los elementos utilizados.

Figura 3.39 Pantalla para el llenado



Interfaz para activar el proceso de llenado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.4 Registro de funciones botones

	Función:
	Inicia proceso
	Paro de emergencia
	Tiempo corriendo al iniciar
	Tiempo previsto a ser ejecutado
	Proceso en ejecución.
	Hacia página de config de tiempos
	Hacia página principal
	Selección de válvula a llenar
	Imagen indicadora de posición
	Hacia página de selección proceso
	Hacia página de tapado

Funciones de ítem de pantalla proceso llenado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra







En la Figura 3.40 se muestra el menú para realizar variaciones a los tiempos preestablecidos sin necesidad de ingresar a la programación, esta ventana solo tendrá acceso los dueños de la planta. En la Tabla 3.5 se muestra tanto el detalle de la selección del tipo de proceso como los ítems que se pueden editar.

Figura 3.40 Pantalla para modificación de tiempo



Interfaz para variación de tiempo. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.5 Registro de funciones botones

	Función:
	Selección tiempo x defecto o editable
	Tiempo editable para 1, 2 o 3 botellones
	Tiempo previsto a ser ejecutado
	Hacia página de contabilización
	Imagen indicadora de posición
	Hacia página de selección proceso

Funciones de ítem de pantalla llenado editable. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra






En la opción de tapado que se muestra en la Figura 3.41 se puede visualizar un botón de *start*, un botón de paro de emergencia como se indicó en la programación. Y en la Tabla 3.6 se muestra las características de los botones, así como de los movimientos de entre páginas.

Figura 3.41 Pantalla del sellado



Interfaz para activar el proceso de sellado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

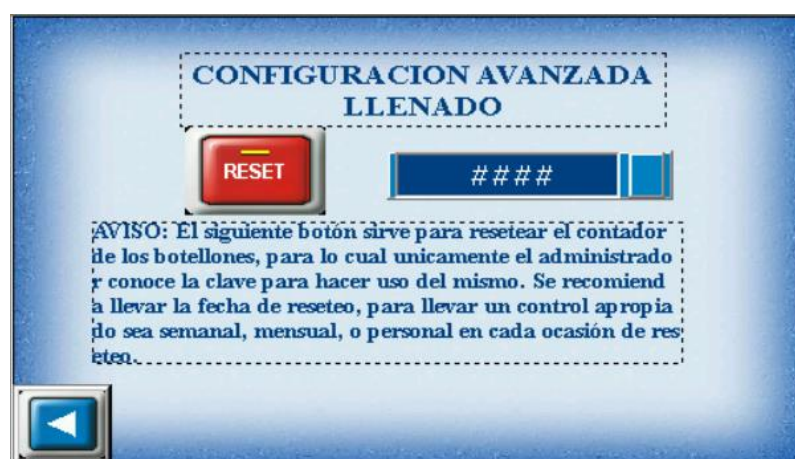
Tabla 3.6 Registro de funciones botones

	Función:
	Inicia proceso
	Paro de emergencia
	Hacia página principal
	Hacia página de selección proceso
	Hacia página de llenado

Funciones de ítem de pantalla proceso tapado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra




En la Figura 3.42 se muestra la cantidad de botellones que se han llenado hasta el momento, adicional se observa las funciones de los botones en la Tabla 3.7.

Figura 3.42 Pantalla para reinicio de conteo



Interfaz para reiniciar contador. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 3.7: Registro de funciones botones

	Función:
	Reseteo contabilizar cantidad botellones
	Cantidad de botellones desde el reseteo
	Hacia página de selección proceso

Funciones de ítem de pantalla proceso tapado. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el siguiente capítulo se analiza los resultados obtenidos al trabajar con el sistema semiautomático comparándolo con el sistema manual.

4.1 Control manual

Con el control manual se obtuvieron los siguientes resultados durante 4 semanas en el mes de agosto como se muestra en la Tabla 4.1 y un gráfico de los niveles de producción diarios en la Figura 4.1.

Tabla 4.1 Registro de producción diaria y semanal de botellones

MES AGOSTO 2018				
Días	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	06-08-18 al 11-08-18	13-08-18 al 18-08-18	20-08-18 al 25-08-18	27-08-18 al 01-09-18
Lunes	130	132	114	122
Martes	135	120	138	124
Miercoles	128	100	80	114
Jueves	125	124	145	130
Viernes	115	118	123	134
Sábado	150	150	150	150
Total	783	744	750	774
Promedio				763

Registro de semanas. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Figura 4.1 Grafico de producción semanal de botellones

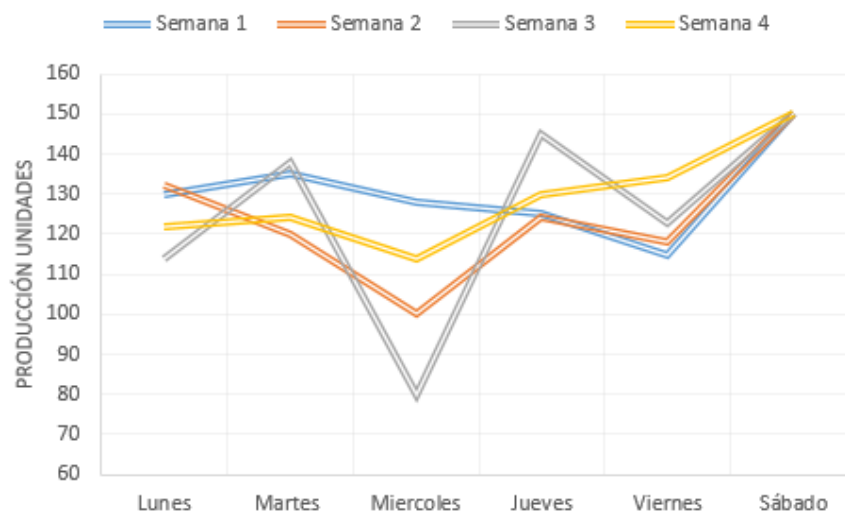


Gráfico de semanas agosto. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

4.2 Control semiautomático

El control semiautomático necesita del operador para ejecutar los procesos, además aún mantiene el control manual por temas de seguridad, es decir que funciona como un sistema ciego, dependiendo netamente de los tiempos establecidos siendo un lazo abierto sin retroalimentación.

Al realizar las pruebas de funcionamiento se obtuvieron los siguientes datos que indican la producción del mes de diciembre como se muestra en la Tabla 4.2 y un gráfico de los niveles de producción diarios en la Figura 4.2.

Tabla 4.2 Registro de producción diaria y semanal de botellones

MES DICIEMBRE 2018				
Días	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	03-12-18 al 08-12-18	10-12-18 al 15-12-18	17-12-18 al 22-12-17	24-12-18 al 29-12-18
Lunes	172	185	192	80
Martes	182	194	175	192
Miercoles	187	186	189	190
Jueves	190	187	180	187
Viernes	184	189	187	190
Sábado	200	200	200	200
Total	1115	1141	1123	1039
Promedio				1105

Registro de semanas. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Figura 4.2 Grafico de producción semanal de botellones

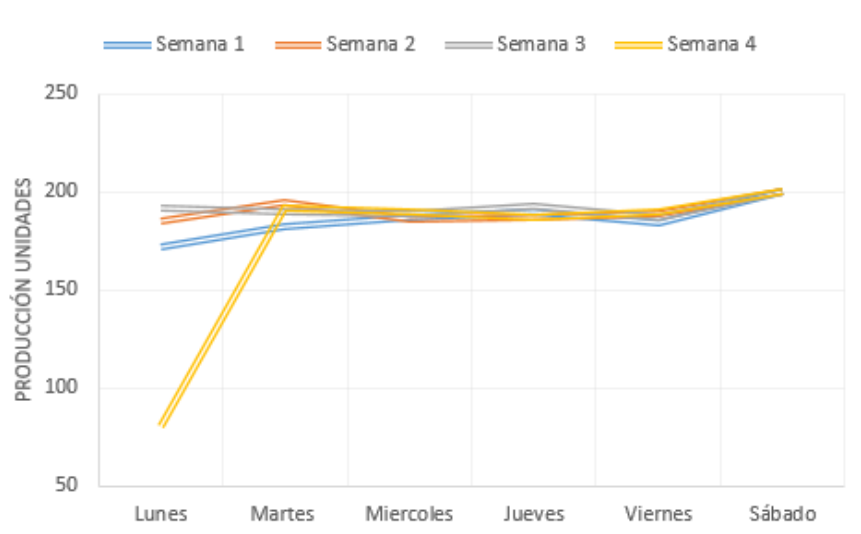


Gráfico de semanas diciembre. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Con los resultados indicados se puede observar que se aumentó de manera paulatina la producción diaria teniendo mayor cantidad de botellones para despachar de manera constante a los distribuidores. Esto se obtuvo reduciendo los tiempos muertos que se daban en cada proceso, ya que ahora el operador mediante una pantalla HMI controla los procesos de lavado, enjuague, llenado y tapado, además de tener un control de tiempo establecido en cada proceso para que pueda realizar varios de los procesos sin necesidad de que este se encuentre esperando para el cierre de llaves manuales, además cuenta con tableros individuales donde puede mandar a ejecutar los procesos directamente sin necesidad de estar en el HMI. Se observa una producción baja en la última semana de diciembre debido a las fechas festivas.

En los gráficos a continuación se compara los datos del mes de agosto que se manejaba un proceso manual con los datos obtenidos en el mes de diciembre ya con la implementación de un proceso semiautomático.

Figura 4.3 Gráfico comparativo de producción

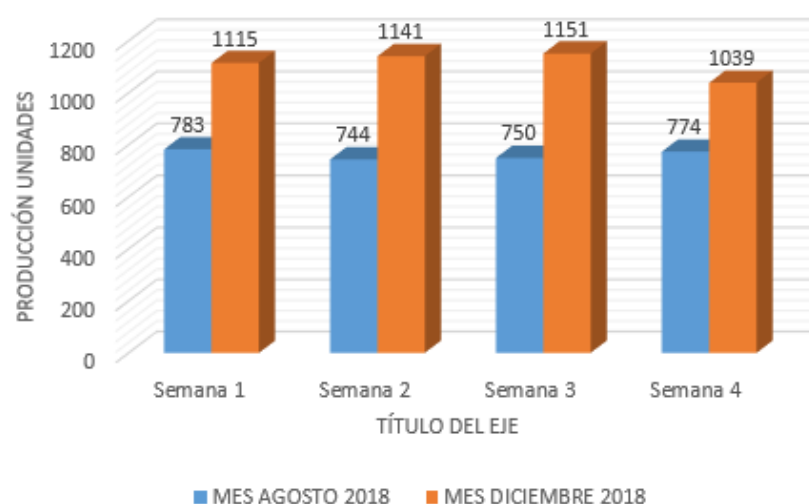


Gráfico de producción total de cada semana. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

4.2.1 Cálculo de la eficiencia del control semiautomático

Para determinar el porcentaje de eficiencia del control semiautomático se realizan los siguientes cálculos usando la ecuación 4.1:

$$\%Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ Esperada} (100) \quad Ec (4.1)$$

$$\%Eficiencia = \frac{1105}{1200} (100)$$

%Eficiencia = 92.08% mensual en diciembre

Al realizar los cálculos de eficiencia en el control semiautomático y en el proceso manual colocando como producción esperada los 200 botellones que se deseaba tener diariamente en cinco horas, se obtuvieron los siguientes datos que indican la eficiencia del mes de agosto con el sistema manual como se muestra en la Tabla 4.3 y en el mes de diciembre con el sistema controlado como se muestra en la Tabla 4.4.

Tabla 4.3 Registro de eficiencia mes de agosto

MES AGOSTO 2018				
Días	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	06-08-18 al 11-08-18	13-08-18 al 18-08-18	20-08-18 al 25-08-18	27-08-18 al 01-09-18
Lunes	65%	66%	57%	61%
Martes	68%	60%	69%	62%
Miercoles	64%	50%	40%	57%
Jueves	63%	62%	73%	65%
Viernes	58%	59%	62%	67%
Sábado	75%	75%	75%	75%
Total	65%	62%	63%	65%
Promedio				64%

Registro de eficiencia total por semana. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Tabla 4.4 Registro de eficiencia mes de diciembre

MES DICIEMBRE 2018				
Días	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	03-12-18 al 08-12-18	10-12-18 al 15-12-18	17-12-18 al 22-12-17	24-12-18 al 29-12-18
Lunes	86%	93%	96%	40%
Martes	91%	97%	95%	96%
Miercoles	94%	93%	95%	95%
Jueves	95%	94%	97%	94%
Viernes	92%	95%	94%	95%
Sábado	100%	100%	100%	100%
Total	93%	95%	96%	87%
Promedio				93%

Registro de eficiencia total por cada semana. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

4.2.2 Análisis costo / beneficio

En la Tabla 4.5 se observa los gastos obtenidos para la instalación, además en la Figura 4.4 se muestra un análisis mensual para determinar la rentabilidad del proyecto, teniendo como costos fijos \$ 2000 que equivalen a los sueldos de las dos personas que trabajan para la planta, el costo de servicios básicos y de insumos.

Dentro del proyecto el gasto de ingeniería tiene un costo por el trabajo realizado en 25 fines de semana, debido a la oportunidad de trabajo sin alterar la producción diaria. Con un estimado de 10 horas de trabajo en el fin de semana. Donde el valor corresponde tanto a la mano de obra, así como la capacitación apropiada para que el personal pueda trabajar con este sistema, pues la transición del mismo es un proceso que debe ser llevado adecuadamente para el uso apropiado del sistema automatizado.

Tabla 4.5 Tabla de gastos

TIPO	DESCRIPCIÓN	VALOR ESTIMADO USD
MATERIALES	TUBERIAS PVC	250,00
	1CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	570,00
	2 MÓDULOS DE EXPANSIÓN SALIDAS	550,00
	3Torre Led Emerg CSM 3 PISOS	95,00
	1PANEL TOUCH, PANTALLA 6"	300,00
	2 GAVINETE METÁLICO 20*30*15CM	60,00
	1 GAVINETE METÁLICO 30*30*15CM	50,00
	6 ELECTROVALVULA NC 110V	300,00
	2 BREAKER P/RIEL 2P-15A	20,00
	2 RIEL DIN 1MT ALUM/ACERO	8,00
	110 CABLE FLEXIBLE TW 18	85,00
	2 CANALETA 13*7mm	18,00
	120 BORNERA P/RIEL 2.5 MM 20A 12/16AWG	180,00
	2 BARRA EQUIPOTENCIA	14,00
VALOR FÍSICO	VALOR TOTAL RECURSO FÍSICO	2.500,00
RECURSO INTELECTUAL	MANO DE OBRA INGENIERIL	2.000,00
	VALOR TOTAL ESTIMADO	4.500,00

Registro de gastos. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

En la Figura 4.4 se puede observar el cálculo del VAN y el TIR los cuales sirven para determinar si este proyecto es viable, se ha realizado una aproximación del crecimiento en la producción de los meses de enero hasta abril del 2019, de los datos obtenidos se tiene \$ 10.569,91 como beneficio neto actualizado menos la inversión, dando como resultado que es un valor mayor a la inversión generando ganancias o beneficios adicionales. El TIR obtenido del 63,1% es el porcentaje de rentabilidad en el proyecto implementado que se obtendrá fuera de los gastos invertidos.

La recuperación del capital se lo realizara en cinco meses debido al incremento notable de la producción sin mencionar que la venta de gua es un negocio factible y rentable.

Considerando que la inversión tiene una tasa de retorno alta, debemos considerar que la limitante del mismo es la cantidad de botellones que posee la empresa. Por lo cual, al tener un incremento en su productividad, también hay que considerar un incremento en su indumentaria para poder alcanzar las metas de producción de botellones.

Figura 4.4 Cálculos de VAN y TIR

Meses	0	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19
Unidades Vendidas		4446	5335	5602	5882	6176
Precio		1	1	1	1	1
Ventas		4.446	5.335	5.602	5.882	6.176
Costos Fijos		-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000
Utilidad		2.446	3.335	3.602	3.882	4.176
Impuesto		-342	-467	-504	-543	-585
Utilidad Neta		2.104	2.868	3.098	3.339	3.591
Materiales	-2.328,86					
Mano de obra	-2.000					
Capital de Trabajo		0	0	0	0	1.000
Valor de desecho						4.329
Flujo	-4.329	2.104	2.868	3.098	3.339	8.920

VAN	\$10.569,91
TIR	63,1%

Cálculos para análisis de costo beneficio. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

CONCLUSIONES

Se hizo el desarrollo de un sistema semiautomático que permita controlar el lavado, llenado y tapado correspondiente a la planta purificadora de agua Santa Isabel, debido a la necesidad de aumento de la productividad de la empresa, con un tiempo de recuperación de inversión de 5 meses como muestra la Figura 4.4

Por medio de la investigación realizada, se determinó los implementos necesarios para la semiautomatización de la planta, en el caso del controlador se seleccionó el PLC Siemens S7-1200 porque existe un servicio técnico local, el Software para la programación de este dispositivo en el programa TIA Portal V13.

Se diseñó un sistema semiautomático para el proceso de desinfección, enjuague, llenado y tapado para la planta purificadora determinando la necesidad construir dos tableros de control, uno en el área de lavado y enjuague y otro tablero de control en el área de llenado y tapado con sus respectivas interfaces, así como, los mandos de activación de procesos y los paros de emergencia en cada tablero.

Se implementó hardware para los procesos de lavado, enjuague y tapado de los cuales se controla a través del autómatas programable Siemens S7-1200, en el caso de los procesos de enjabonado y enjuague se utilizan electroválvulas para la respectiva inyección de líquido soluble, y agua purificada para el enjuague de los botellones de agua. En el proceso de llenado se cuenta con tres electroválvulas paralelas a las llaves de paso de modo manual, un cilindro para el proceso de tapado con una presión de 7,7 bares para el sellado de los botellones, y se utiliza una HMI la cual activa todos los procesos en su interfaz mediante el modo multi - pantalla, se encuentra conectada por medio de una red ethernet hacia el PLC.

Se realizó la comparación de la producción entre el proceso de modo manual con respecto al proceso de modo semiautomático como se muestra en la figura 4.3 en las semanas correspondientes al mes de agosto del 2018 y diciembre del 2018 dando como resultado un incremento en la productividad, en el mes de agosto se obtuvo una producción de 763 botellones y en el mes de diciembre se obtuvo una producción de

1105 aplicando el control semiautomático en los procesos, finalmente se tiene la diferencia de 1395 botellones de agua con un aumento de 45 % de producción.

Mediante el cálculo realizado en el apartado 4.2.1 en el cual se calcula la eficacia del sistema, se puede apreciar que la producción esperada es de 1200 botellones semanales, los cuales, se cumple con el 64% en el mes de agosto sin la semiautomatización y en el mes de diciembre con la semiautomatización de los procesos de lavado, enjuague, llenado y tapado se consiguió una eficiencia del 92% de manera que el sistema se considera eficiente ya que se encuentra en un valor promedio válido, generando ganancias económicas en menor tiempo para la empresa.

En el proceso de tapado, la fuerza con la cuál es oprimida la tapa para el sellado del botellón de 20 litros por medio de un cilindro de doble efecto es de 200N. Se determinó mediante experimentación que la fuerza de tapado no debe superar los 200N por la razón de que los botellones pueden sufrir deformaciones y rupturas, causando pérdidas a la empresa.

RECOMENDACIONES

Los dispositivos electrónicos implementados en los diferentes procesos deben estar resguardados físicamente de manera hermética ya que se encuentran en un proceso que maneja líquidos los cuales, en caso de tener contacto con estos dispositivos, generan corto-circuitos, y daños permanentes en los equipos.

Es importante la consideración de la presión utilizada en el proceso de tapado, ya que, en caso de exceder la fuerza del cilindro aplicada, puede provocar daños en los botellones de agua de manera permanente.

Al tener una programación por tiempos en el caso del proceso de llenado es importante tener un botón de paro emergente para evitar el derrame de líquido.

Se debe tomar en cuenta los tiempos programados en toda la planta ya que está diseñada para trabajar con tiempos en segundos.

Es necesario realizar pruebas de funcionamiento manuales obteniendo los tiempos correctos de funcionamiento de cada proceso, para poderlos usar en la automatización evitando fallos que puedan detener la producción.

En el proceso de llenado se tiene una calibración para las llaves de paso que se encuentran conectadas en serie a las electroválvulas con la finalidad de que el llenado sea parejo para todos los botellones disponibles. Se recomienda no mover las llaves de paso del proceso semiautomático ya que puede afectar en los valores llenado causando pérdidas a la empresa por el desperdicio del agua.

Se debe realizar un mantenimiento preventivo al año en el sistema eléctrico para la verificación del estado de cables, borneras y terminales.

REFERENCIAS

- Alberto, B. C. (2015). Diseño y construcción de un sistema semiautomático de lavado de botellones de agua. Quito.
- Alejandro, C. S. (2011). Diseño y construcción de planta prototipo para Purificación de agua de Vertientes por el método de osmosis inversa. Quito.
- Carlos idict. (2018). EcuRed. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Presostato>
- Cóndor Torres, M. E. (2013). Automatización del proceso de llenado de galones de agua en planta purificadora de agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- DELTA. (2014). DOP - B03 BO3S211 / B03E211 Instrunction Sheet.
- Lídice Álvarez Miño, A. V. (2014). Consumo de agua embotellada y salud: percepción de estudiantes de Enfermería e Ingeniería Ambiental de la Universidad del Magdalena. Santa Marta - Colombia: Revista Cultura del Ciudadano.
- Lopez Valderrama Solangell, M. A. (2014). Diseño , instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP. Iquitos.
- Penin, A. R. (2007). Sistemas SCADA 2ª edición. Bcelona (España): Marcombo Ediciones Técnicas 2007.
- Ramírez Despaine, M. &. (2011). Herramienta para programar un controlador lógico programable basado en hardware reconfigurable. Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones.
- Ramses, M. C. (2013). Sistema mecánica y neumática para lavado, llenado y sellado de garrafones de agua de 20 litros. Azcapotzalco.
- Robert-Bosch-Straße 1. (2013). Libro De Agua Thermo Scientific. Alemania: Thermo Fisher Scientific Inc.
- Sani Centeno Alicia del Rocio, T. C. (2015). Diseño, construcción e implementación de una máquina envasadora y dosificadora de refrescos para la industria de lácteos Santillán “Prasol”. Riobamba.

SIEMENS. (2018). Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Simbaña Guallichico Edisón Paul, C. O. (2012). Construcción de un prototipo de máquina tapadora de botellas rosca estandar de 500ml controlada mediante un PLC para microempresas. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

ANEXOS

Anexo 1: ESPECIFICACIONES DE PANTALLA HMI

Atributo	Valor
Serie del Fabricante	D0P-B
Tipo de Display	TFT LCD
Tamaño del Display	4,3 pulg.
Resolución del Display	480 x 272pixels
Color del Display	Color
Número de Puertos	2
Tipo de Puerto	COM, Ethernet
Memoria Integrada	128 MB
Retroiluminación	Sí
Tensión de Alimentación	24 V dc
Dimensiones	129 x 103 x 39 mm
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+50°C
Profundidad	39mm
Longitud	129mm
Temperatura de Funcionamiento Mínima	0°C
Índice de Protección IP	IP65
Anchura	103mm

Características técnicas de la pantalla HMI. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Anexo 2: PLANOS ELÉCTRICOS

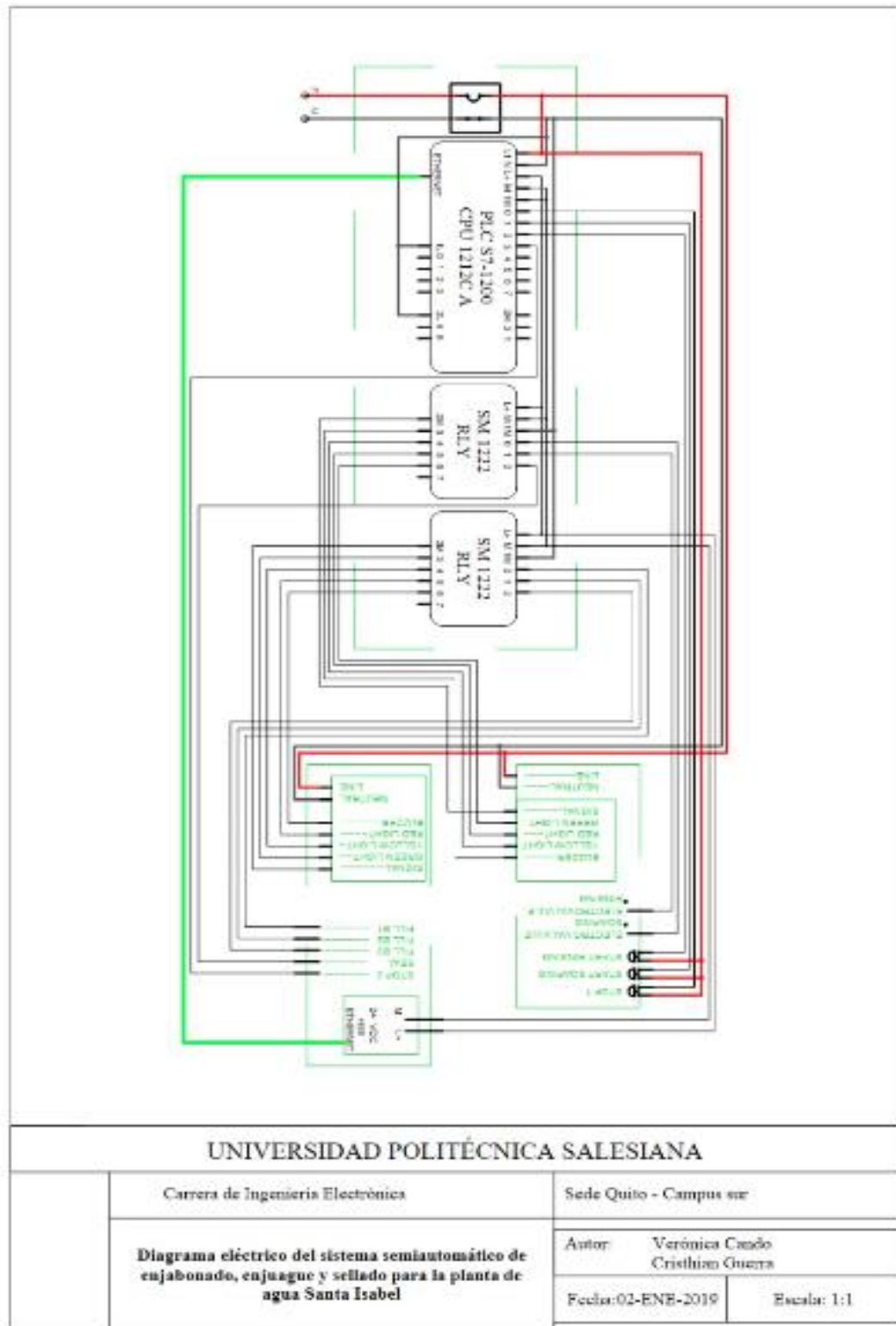


Diagrama eléctrico de distribución en los tableros de control. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra

Anexo 3: TABLA DE VARIABLES

No.	Nombre	Tipo de datos	Dirección.	No.	Nombre	Tipo de datos	Dirección.
1	Entrada_00 BOTON PARO	Bool	%I0.0	51	Tiempo_On_A	DWord	%MD28
2	Entrada_01 BOTON 1 ENJUAGUE	Bool	%I0.1	52	Tiempo_On_S	DWord	%MD32
3	Entrada_02 BOTON 2 JABON	Bool	%I0.2	53	Tiempo_On_e	DWord	%MD36
4	Entrada_03 BOTON PARO LLENADO	Bool	%I0.3	54	Contador_Enj	DWord	%MD40
5	Entrada_04	Bool	%I0.4	55	Contador_Enj	DWord	%MD44
6	Entrada_05	Bool	%I0.5	56	Tiempo_On_A	DWord	%MD48
7	Entrada_06	Bool	%I0.6	57	Tiempo_On_S	DWord	%MD52
8	Entrada_07	Bool	%I0.7	58	Tiempo_On_e	DWord	%MD56
9	Salida_00	Bool	%Q0.0	59	Contador_tier	DWord	%MD60
10	Salida_01	Bool	%Q0.1	60	Contador_Lle	DWord	%MD64
11	Salida_02	Bool	%Q0.2	61	Contador_Lle	DWord	%MD68
12	Salida_03	Bool	%Q0.3	62	Tiempo_On_S	DWord	%MD72
13	Salida_04	Bool	%Q0.4	63	Tiempo_On_e	DWord	%MD76
14	Salida_05	Bool	%Q0.5	64	Tiempo_On_I	DWord	%MD80
15	Salida_06	Bool	%Q0.6	65	Marca_inicio	Bool	%M1.7
16	Salida_07	Bool	%Q0.7	66	Marca_time_s	Bool	%M2.1
17	Salida_08 VALVULA - ENJABONADO	Bool	%Q8.0	67	Marca_time_e	Bool	%M2.2
18	Salida_09 VALVULA - ENJUAGUE	Bool	%Q8.1	68	cam	Bool	%M2.3
19	Salida_10 VALVULA - SELLADO	Bool	%Q8.2	69	cam2	Bool	%M2.4
20	Salida_11 Sem1 - BUZZER	Bool	%Q8.3	70	Llenado 01	Bool	%M2.5
21	Salida_12 Sem1 - AMARILLO	Bool	%Q8.4	71	Llenado 02	Bool	%M2.6
22	Salida_13 Sem1 - ROJO	Bool	%Q8.5	72	Llenado 03	Bool	%M2.7
23	Salida_14 Sem1 - VERDE	Bool	%Q8.6	73	Tiempo_On_I	DWord	%MD84
24	Salida_15	Bool	%Q8.7	74	Tiempo_On_I	DWord	%MD88
25	Salida_16 Llenado Bomba01	Bool	%Q12.0	75	Tiempo_On_I	DWord	%MD92
26	Salida_17 Llenado Bomba02	Bool	%Q12.1	76	Tiempo_On_I	DWord	%MD96
27	Salida_18 Llenado Bomba03	Bool	%Q12.2	77	Tiempo_On_I	Dint	%MD100
28	Salida_19 Sem2 - VERDE	Bool	%Q12.3	78	Tiempo_On_e	DWord	%MD120
29	Salida_20 Sem2 - AMARILLO	Bool	%Q12.4	79	Tiempo_On_e	DWord	%MD124
30	Salida_21 Sem2 - ROJO	Bool	%Q12.5	80	Tiempo_On_e	DWord	%MD128
31	Salida_22 Sem2 - BUZZER	Bool	%Q12.6	81	Tiempo_On_e	DWord	%MD132
32	Salida_23	Bool	%Q12.7	82	Tiempo_On_e	DWord	%MD136
33	MARCA_ON SELLADO	Bool	%M0.0	83	Tiempo_On_e	DWord	%MD140
34	MARCA_ON ENJABONADO	Bool	%M0.1	84	cantidad de b	Dint	%MD104
35	MARCA_ON ENJUAGUE	Bool	%M0.2	85	AUX_Llenado	Dint	%MD108
36	MARCA_ON LLENADO	Bool	%M0.3	86	Tiempo_On_A	Dint	%MD112
37	MARCA_PARO ENJABONADO	Bool	%M0.4	87	Aux_Contado	Dint	%MD160
38	MARCA_PARO ENJUAGUE	Bool	%M0.5	88	Aux_Contado	Dint	%MD164
39	MARCA_PARO LLENADO	Bool	%M0.6	89	Aux_Contado	Dint	%MD168
40	MARCA_PARO SELLADO	Bool	%M0.7	90	Aux_Contado	Dint	%MD172
41	Marca_inicio_enjabonado	Bool	%M1.0	91	Marca Botello	Bool	%M3.0
42	Marca_time_set_enjabonado	Bool	%M1.1	92	Marca Botello	Bool	%M3.1
43	Marca_time_edit_enjabonado	Bool	%M1.2	93	Marca Botello	Bool	%M3.2
44	AUX_11	Bool	%M1.3	94	Reset Contado	Bool	%M3.3
45	Marca_inicio_enjuague	Bool	%M1.4	95	aux_Llenado	Dint	%MD176
46	Marca_time_set_enjuague	Bool	%M1.5	96	Tiempo_On_I	DWord	%MD180
47	Marca_time_edit_enjuague	Bool	%M1.6	97	Tiempo_On_I	Dint	%MD184
48	Marca_inicio_llenado	Bool	%M2.0	98	Seleccion_tier	Bool	%M3.4
49	Contador_Enjabonado	DWord	%MD20	99	tiempo_Edit_	DWord	%MD188
50	Contador_Enjabonado_HDMI	DWord	%MD24	100	tiempo_Edit_	DWord	%MD192
				101	tiempo_Edit_	DWord	%MD196

Tabla de variables del PLC con módulos de expansión. Elaborado por: Verónica Cando & Crstthian Guerra

Anexo 4: FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO



Imágenes del proceso y maquinaria ocupada e implementada. Elaborado por: Verónica Cando & Cristhian Guerra